

Elektrotechnik und Maschinenbau

ZEITSCHRIFT DES ÖSTERREICHISCHEN
VERBANDES FÜR ELEKTROTECHNIK
SCHRIFTFÜHRER: H. SEQUENZ UND F. SMOLA, WIEN SPRINGER-VERLAG, WIEN

7. Jahrgang

Wien, 1. Dezember 1960

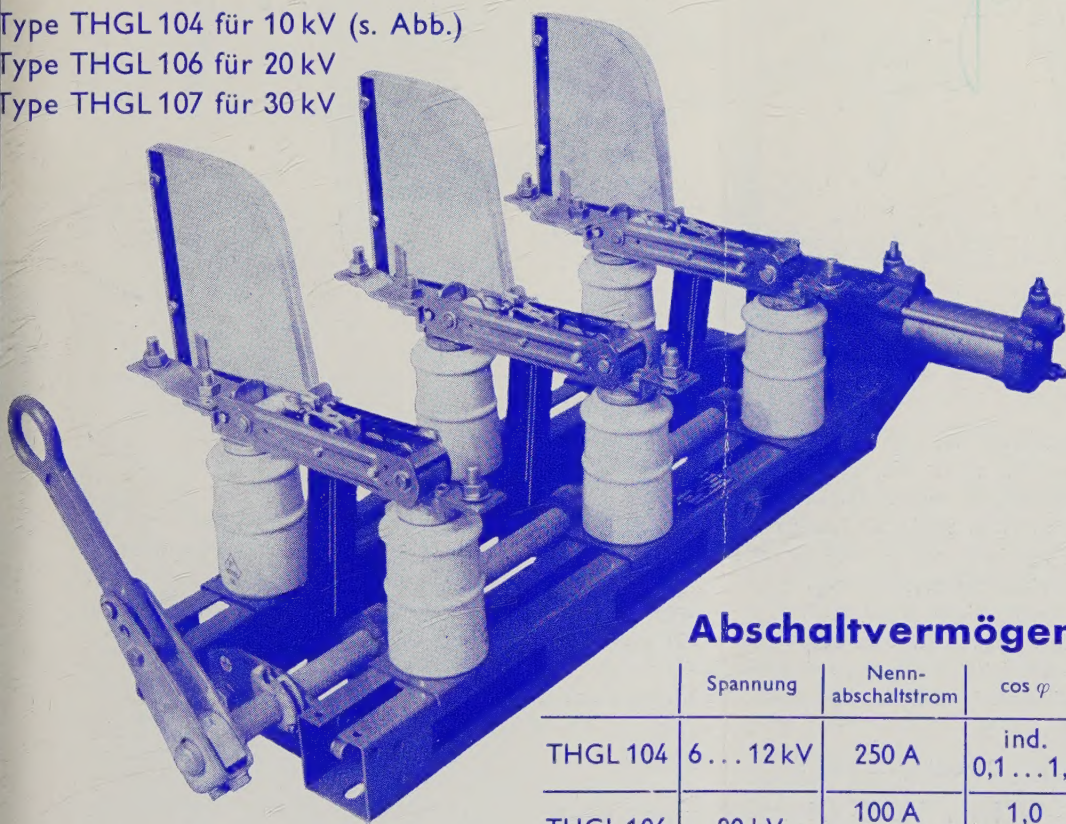
Heft 23, Seite 621—644

LASTTRENNNSCHALTER FÜR INNENRAUMANLAGEN

Type THGL 104 für 10 kV (s. Abb.)

Type THGL 106 für 20 kV

Type THGL 107 für 30 kV



Abschaltvermögen

	Spannung	Nenn- abschaltstrom	$\cos \varphi$
THGL 104	6...12 kV	250 A	ind. 0,1...1,0
THGL 106	20 kV	100 A 30 A	1,0 ind. 0,1
THGL 107	30 kV	60 A 20 A	1,0 ind. 0,1

SPRECHER
S&S
& SCHUH

FABRIK ELEKTRISCHER APPARATE
SPRECHER & SCHUH
GESELLSCHAFT M. B. H., LINZ, FRANCKSTR. 51

Ihr Vorteil! Der Klöckner-Moeller-Kundendienst

Erfahrene Ingenieure
beraten Sie!



Die Leiter unserer Technischen Außenbüros und ihre Mitarbeiter haben eine langjährige Praxis und beherrschen ihr Fachgebiet. Laufend werden sie in der Verwaltung geschult und mit den neuesten Erkenntnissen in der Niederspannungsschaltgerätekunde vertraut gemacht.

Diese erfahrenen Ingenieure helfen Ihnen bei jedem Problem, sei es bei der Ausarbeitung einer komplizierten elektrischen Steuerung für eine Maschine, der Planung eines Groß- oder Kleinverteilers, oder auch bei der Aufgabe, die Installation Ihres Betriebes zu rationalisieren.

Solche und andere elektrotechnische Fragen können direkt in unseren Technischen Außenbüros, ohne zeitraubende Korrespondenz mit dem Stammhaus, besprochen und beantwortet werden. Dieser unbürokratische Weg erspart Ihnen viele Mißverständnisse und wirkt sich auch günstig auf die Preise und Liefertermine aus. Nutzen Sie diese Vorteile des Klöckner-Moeller-Kundendienstes: Sie ersparen sich Zeit und Kosten!

Generalrepräsentanz:

Ing. Josef Ctyroky

Wien II, Obere Augartenstraße 20, Telefon 35 25 51, 35 25 52



Verteiler und Steuerungen werden in Wien gebaut. Beratung durch Ingenieurbesuch in allen Bundesländern.

KLÖCKNER-MOELLER

Neue Grundsätze beim Bau oberirdischer Fernmeldelinien unter Verwendung von Stahlbeton-Tragmasten

Von O. HAAS-HAAGENFELS, Wien

DK 621.315.668.3 : 621.391.31

1) Allgemeine Betrachtungen

Die Leitungen zur Übermittlung von Nachrichten wurden bis zur Entwicklung des Erdkabels ausschließlich als oberirdische Freileitungen ausgeführt. Erst nach Einführung des Erdkabels wurden große und auf weite Sicht vorgesehene Leitungsbündel in die Erde verlegt. Dadurch, daß die Erdkabel im Fernmeldebau sowohl im Orts- als auch im Fernnetz Eingang gefunden hatten, wurde beim Ausbau der Netze eine zweckmäßige Trennung zwischen ober- und unterirdischen Anlagen eingeleitet. Die Charakteristik des Kabelbaues und des Freileitungsbaues erhielt durch die Betriebssicherheit, Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit bei großen Leitungszahlen einerseits, und die Billigkeit und Veränderlichkeit andererseits einen scharfen Trennungsstrich.

Unterirdische Kabelanlagen werden demgemäß für die Dauer und für große Leitungszahlen errichtet, wogegen oberirdische Anlagen bisher für geringe Leitungszahlen in Frage kommen. Diese Methoden können zur Lösung von Netzproblemen nur dann herangezogen werden, wenn einerseits bezüglich der unterirdischen Leitungen sowohl die Teilnehmerentwicklung des zu erschließenden Gebietes annähernd festliegt, als auch die Gelände- und Bodenverhältnisse eine Verlegung wirtschaftlich erscheinen lassen, oder andererseits bei oberirdischen Leitungen die erforderlichen Leitungen gering an Zahl und bezüglich der Betriebssicherheit als weniger wichtig anzusehen sind. Handelt es sich jedoch um Leitungen, die trotz ihrer geringen Anzahl eine erhöhte Betriebssicherheit erfordern und auf lange Sicht gebaut werden sollen, so kann mit der herkömmlichen Bauweise keine wirtschaftliche Lösung dieses Problems gefunden werden.

Im Nachstehenden wird in Ergänzung der bestehenden und erprobten Baumethoden eine neue Baumethode des Freileitungsbaues, welche durch die Verwendung von Stahlbetontragmasten, durch eine gleitende Bauweise, einen besonderen Draht (mit eng aneinanderliegender Bruch- und Elastizitätsgrenze) und von über der Bruchbelastung der Leitungen konstruierten Abspannmasten als Abgrenzung von Abspannbereichen charakterisiert ist, beschrieben.

Oberirdische Leitungen aus Drähten sowie Luftkabel wurden bisher in der gewohnten Weise auf Stützpunkten aus Holz montiert. Die hierfür verwendeten Hölzer werden mit Ausnahme der Hochgebirgslärche imprägniert. Trotz sorgfältigster Auswahl der zur Imprägnierung gelangenden Hölzer sowie sorgfältiger Imprägnierung haben diese Stützpunkte infolge Angriffes durch Pilze eine beschränkte Lebensdauer. Überdies tritt bei starker Beanspruchung, wie Rauhreif, Lawinen, Windbruch sowie durch Witterungseinflüsse u. a. m., ein erheblicher Ausfall ein. Gerade die österreichischen kli-

matischen Verhältnisse mit ihren hohen mechanischen Beanspruchungen haben gezeigt, daß selbst das imprägnierte Holz — in seiner Widerstandsfähigkeit durch den Pilzbefall geschwächt — nicht der Baustoff für solche Linien ist, die für sehr lange Zeiträume vorgesehen sind.

Wenn heute noch der traditionelle Holzmast als Stützpunkt in oberirdischen Linien dient, so nur deswegen, weil Österreich ein Holzland ist und dieser Baustoff billig zu erhalten ist. Weiters hat der Holzmast den Vorteil, daß er leicht zum Bearbeiten, zum Einbauen, zum Auswechseln und zum Verlegen ist. Die Besteigung, der Zubau von Leitungen und die Erhaltungsarbeiten an den Leitungen sind bei Trassen mit Holzgestänge billig und verhältnismäßig mit einfachen Mitteln durchzuführen.

Dagegen sind die zeitlich beschränkte Lebensdauer, die teuren Erhaltungsarbeiten am Holzgestänge selbst und die immer drohende Umbruchgefahr Momente, welche einen anderen Baustoff notwendig erscheinen lassen. Die Widerstandsfähigkeit des Holzes nimmt von Jahr zu Jahr ab. Um rechtzeitig die Gefährdung zu erkennen, sind regelmäßige Untersuchungen notwendig. Darüber hinaus muß vor jeder Besteigung, um Gefährdungen auszuschließen, eine Untersuchung auf Umbruchsicherheit erfolgen. Das bedenkenlose Besteigen eines Holzmastes hat wiederholt schwere Unfälle verursacht. Durch diese Umstände kommt der Holzmast schon nach kurzer Zeit der Verwendung als Baumaterial für betriebssichere Leitungen nicht mehr in Betracht.

Das Bestreben, die Freileitung zu verlassen und mittels Kabels in die Erde zu gehen, ist eine Konsequenz, welche durch die verlangte höhere Betriebssicherheit hervorgerufen wurde. Die Erdkabelführung ist die sicherste, aber auch die teuerste Leitungsführung für Fernmeldeleitungen.

Ohne die Betriebssicherheit allein zu betrachten, ist unter gewissen Voraussetzungen das Erdkabel unter allen Umständen wirtschaftlich, wie z. B. hochpaarige Teilnehmer- oder Vermittlungskabel, Trägerfrequenzkabel mit hoher Kanalzahl wie zwei- und mehrtubige Koaxialkabel usw.

Die Verlegungskosten von Erdkabeln sind von der Bodenbeschaffenheit abhängig. In Gegenden mit leichtem Boden und ebener Erdoberfläche wird daher das Erdkabel bei entsprechender Adernzahl zu bevorzugen sein. Wenn aber die erforderliche Adernzahl nicht abgeschätzt werden kann oder die geplante Adernzahl eine Kabelanlage nicht rechtfertigt oder die Bodengeländebeschaffenheit eine Erdkabellegung als unwirtschaftlich erkennen läßt, ist eine oberirdische Leitungsführung zu bevorzugen (Freileitungen bzw. Luftkabel). Von dem Grundsatz ausgehend: „Je größer der Kreis der Teilnehmer ist, welcher eine bestimmte Leitung oder ein

bestimmtes Leitungsbündel benützt oder dem ein solches zugänglich ist, je größer muß die Betriebssicherheit sein“, kann umgekehrt eine Teilnehmerleitung, welche nur von einem Teilnehmer benützt wird, mit der geringsten Betriebssicherheit auskommen. Teilnehmerleitungen werden daher bei Ausführung mit Bodengestänge auch künftig, solange kein günstigerer Baustoff wie das Holz zur Verfügung steht, mit imprägnierten Holzmasten ausgeführt werden.

Auf Grund des Vorgesagten ist die Suche nach neuen wirtschaftlichen Baustoffen für Bodenstützpunkte ein Gebot der Zeit geworden. Der neue Baustoff hat in seiner Belastbarkeit und Verwendungsmöglichkeit mindestens dem imprägnierten Holz zu entsprechen und soll eine unbeschränkte Lebensdauer besitzen. Demnach stehen von den konservativen Baustoffen der Stahl, der Stahlbeton und von den modernen Baustoffen der Polyester zur Verfügung. Stahlbeton, Stahlblech und Polyester sind als Baustoffe so teuer, daß sie den Holzmast nicht ohne weiteres zu ersetzen imstande sind. Abgesehen davon sind diese Baustoffe auch nicht universell verwendbar.

Der Stahlbetonmast hat ein verhältnismäßig hohes Gewicht, ist daher schwerer aufzustellen und zu verlegen als Holzmaste. Er wird für den Leitungsbau nur dann wirtschaftlich zu verwenden sein, wenn die Bauweise entsprechend modifiziert wird und die vorgesehene Leitung auf einen unabsehbaren Zeitraum bestehen bleibt. Netzgruppenleitungen zwischen Ämtern oder Hauptleitungen für Kleinteilämter kommen hierfür in Betracht. Stahlbetonmaste sind auch für einen späteren Übergang von geringen Freileitungsbündeln zu größeren Bündeln durch Auswechslung gegen ein Luftkabel ohne Änderung der Stützpunkte selbst geeignet. Anders liegen die Verhältnisse beim Stahlmast. Die Korrosionsbeständigkeit des Stahlmastes kann nur durch Schutzmittel erreicht werden, welche beim einfachen Blechrohrmast noch nicht so weitgehend erprobt sind, daß die Einführung dieses Baustoffes gewagt werden könnte. Die am Markt befindlichen Ausführungen haben den Vorteil, leicht und handlich zu sein und daher für leichte Teilnehmertrassen in Frage zu kommen.

Ähnliches gilt für den Polyestermast, der auf Grund seiner Korrosionsbeständigkeit für leichtes Gestänge künftig einmal unbedingt zu bevorzugen sein wird. Der heutige Entwicklungsstand dieser Maste erlaubt ihre Verwendung noch nicht, da sie trotz des großen Erhaltungsaufwandes des Holzmastes diesem gegenüber zu unwirtschaftlich wären.

Die Entwicklung des Leitungsbaues kann und muß auf dem Grundsatz der Wirtschaftlichkeit basieren. Eine vollkommene Betriebssicherheit einer Leitungsanlage kann nur in der Form geschaffen werden, daß Leitungsbündel zwischen zwei Endpunkten in zwei oder mehrere Teile geteilt und auf verschiedenen Wegen geführt werden. Bei Ausfall eines Teiles stehen die restlichen Verbindungswege zur Verfügung, welche, wenn es nicht gerade die Hauptverkehrszeiten betrifft, für den anfallenden Verkehr genügen.

Leitungen, welche geringere Bedeutung haben, aber auch von einem Großteil der Teilnehmer in Anspruch genommen werden, wie Netzgruppenleitungen oder Hauptleitungen zu Kleinteilämtern, sind möglichst betriebssicher herzustellen, weil die Teilung solcher Bündel kostspielig und in Anbetracht der geringeren Inanspruch-

nahme auch unwirtschaftlich wäre. Um dennoch eine erhöhte Betriebssicherheit zu erreichen, ist die Bauausführung demgemäß zu gestalten.

Teilnehmerleitungen werden, wie schon der Name sagt, nur vom jeweiligen Teilnehmer, bzw. von jenen Teilnehmern, welche eben mit diesem bestimmten Teilnehmer in Verkehr treten wollen, in Anspruch genommen. Eine solche Teilnehmerleitung muß möglichst billig im Bau und im Betrieb sein. Die Betriebssicherheit durch eine aufwändige Bauweise und damit zusammenhängend durch eine unvermeidliche Steigerung der Ge-

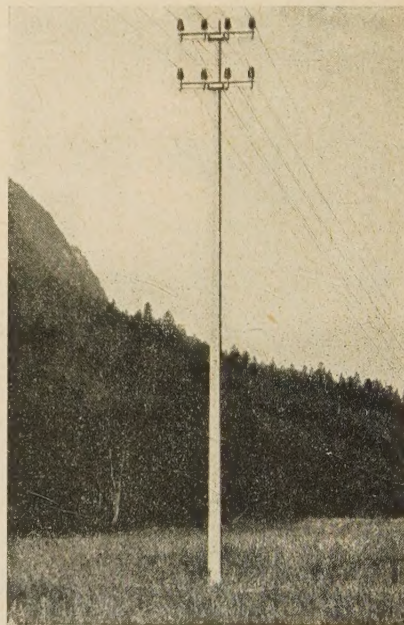


Abb. 1. Stahlbetontragmast

bühren zu erhöhen, würde nicht nur auf den Widerstand der Betroffenen stoßen, sondern den Teilnehmerzuwachs und damit die Verbreitung des Telefons in der Bevölkerung hemmen. Hier wird man vorläufig noch

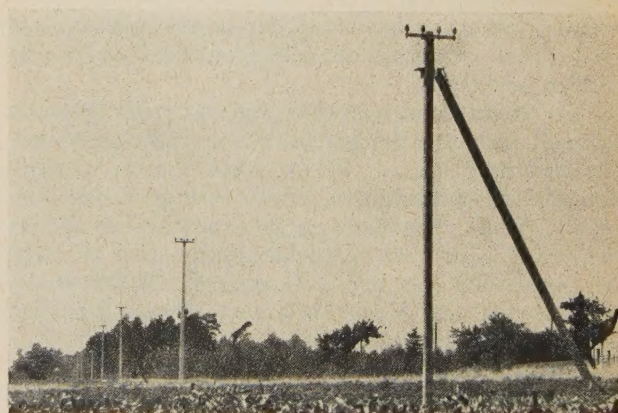


Abb. 2. Stahlbetonmastlinie mit Spannungsfeldern von mehr als 110 m (Winkelpunkt in Tragmastausführung), im Hintergrund eine Holzmastlinie

mit der imprägnierten Holzsäule das Auslangen finden müssen.

Nur der Stahlbetonmast (Abb. 1) entspricht unter gewissen Voraussetzungen den wirtschaftlichen und

technischen Bedingungen, welche für einen erhöhten Grad von Betriebssicherheit verlangt werden müssen.

Die Verwendung des vorgespannten Stahlbetonmastes und die im Nachstehenden beschriebene neu entwickelte Bauweise gestatten die Spannweiten so weit zu vergrößern, daß die Anzahl der Stützpunkte nur einen Bruchteil jener einer Holztrasse beträgt und daher dieser gegenüber wirtschaftlich wird (Abb. 2).

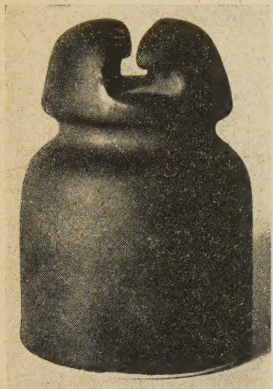


Abb. 3. BZ-Isolator für durchgleitenden Leitungsdraht

Diese neue Bauweise ist durch das Durchgleiten der Drähte in den Isolatoren gekennzeichnet, wodurch die Tragmaste vom Leitungszug entlastet und daher leicht sowie billig konstruiert werden können. Der gesamte Leitungszug eines Abspannbereiches wird hierbei in die Abspannpunkte gelegt. Die Tragmaste sind nur für den Winddruck quer zur Leitung und für das Gewicht des Leitungsmaterials einschließlich Eis- und Schneelast dimensioniert. Die Österreichische Post- und Telegraphenverwaltung hat bisher versuchsweise eine bestimmte Bauweise typisiert, und zwar für maximal 12 Drähte 3 mm ϕ Staku¹⁾ oder maximal 20 Drähte 2 mm ϕ Staku oder ein selbsttragendes Luftkabel bis 38 DA, 0,9 mm Leiterdurchmesser und Al-Mantel.

Um den Leitungsdraht in den Isolator einlegen zu können, wurde eine neue Form eines Tragmastisolators geschaffen (Abb. 3).

Die durchgleitende Bauweise hat sich bei Verwendung von Stahlkupferdrähten sowohl im Hochgebirge als auch in Rauhreifgebieten bewährt. Baumbrüche

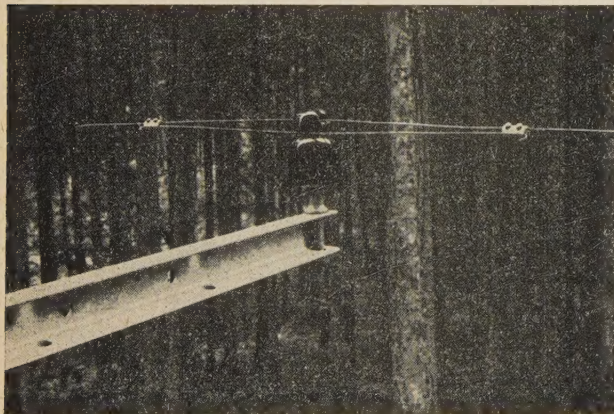


Abb. 4. Tragmastisolator mit Begrenzungsschleife

durch Schneelast oder Windwurf wurden von solchen Leitungen ohne Schädigungen ertragen. Nach Beseitigung der Bäume ging der Leitungsdraht in seine Normallage zurück, wodurch sich selbst das Besteigen der Maste erübrigte.

Die durchgleitende Bauweise gestattet, daß der Leitungsdraht in einem einzigen Tragfeld auf Kosten

des Durchhanges im gesamten Abspannsektor tief, fast bis zum Erdboden, heruntergedrückt werden kann. Diese Möglichkeit birgt Gefahren in sich, wenn durch die Leitung Verkehrswege oder Leitungen des Starkstrom-

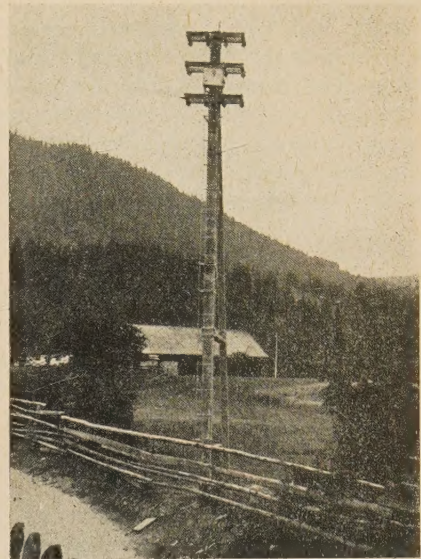


Abb. 5. Stahlbetonmastlinie im Gebirge über 1200 m Höhe ü. d. M., im Vordergrund Kabelüberführungsmast mit Abspannträgern und -isolatoren

netzes überspannt werden sollen. Um in einem derartigen Tragfeld ein solches gefahrbringendes Durchgleiten zu verhindern oder zumindest zu begrenzen, wird eine mit Klemmen an den Leitungsdraht ange-

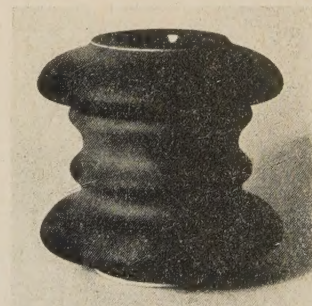


Abb. 6. Abspannisolator

klemmte Drahtschleife außen um den Isolator herumgeführt (Abb. 4).

Diese Drahtschleife wird nach dem noch zulässigen Durchhang, länger oder kürzer ausgeführt. Im Falle eines Drahtisses in einem Nachbarfeld oder einer Belastung des Drahtes im Kreuzungsfeld durch das Hineinfallen eines Baumes oder Baumteiles verhindert die außerhalb des Kreuzungsfeldes bei den Klemmen zusammenlaufende Schleife die unzulässige Durchhangsvergrößerung. Die innere Klemme soll eine zu große Zugbelastung des Drahtes im Kreuzungsfeld, welche durch Überbeanspruchung der anderen Teile des Abspannsektors hervorgerufen wurde, ausschließen.

Eine Stahlbetonmastleitung in einer Höhe von mehr als 1200 m ü. d. M., in einem sehr schneereichen Gebiet

¹⁾ Stahlkupferdraht, entsprechend ÖNorm E 4003.

zeigt Abb. 5. Im Vordergrund der Kabelüberführungsmast, mit einer Stahlbetonstrebe ausgeführt. Zum Abspannen der Drähte wurden Abspannisolatoren (Abb. 6) verwendet.

Diese Type hält selbst bei Regen und Schnee einen hohen Isolationswert.

Abb. 7 zeigt den Kopf eines Abspannmastes in der geraden Linie mit Abzweigung einer mitgeführten Teilnehmerleitung. Die solide Befestigung der Abspann-

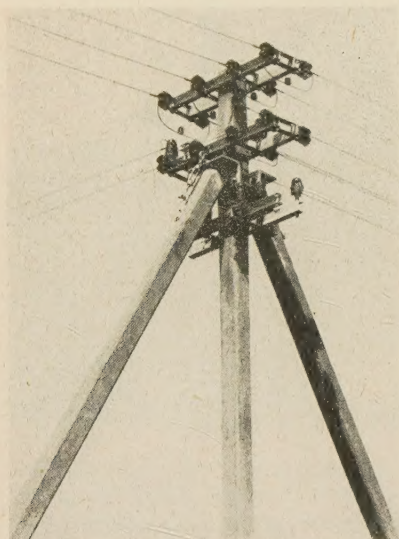


Abb. 7. Mastspitze eines in gerader Linie stehenden Abspannmastes mit Abzweigung einer Teilnehmerleitung

träger und der Abspannisolatoren in den Trägern ist in diesem Bild besonders zu erkennen. Die Streben sind mit ihren kugelförmigen Enden in einer ebenso geformten Schale aus Leichtmetall abgestützt und mittels

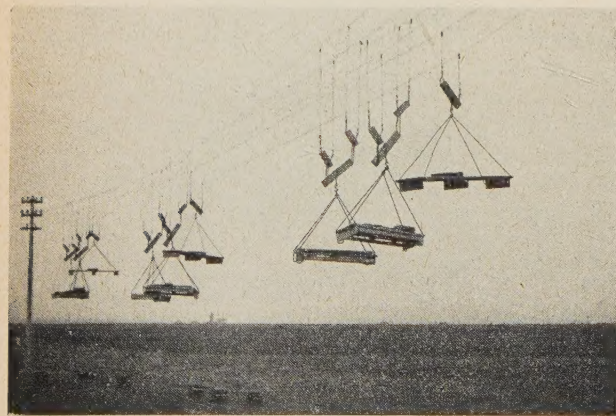


Abb. 8. Probelinie aus Stahlbetonmasten am Werksgelände. Plateaus zur Aufnahme der Belastungsgewichte in die Drähte eingehängt

Spannschlösses in die Schale hineingezogen. Die Maste sind auf Grund ihrer Konstruktion sehr elastisch und passen sich sowohl dem wechselnden Leitungszug als auch dem Winddruck an. Diese Ausführung wurde gewählt, um ein Herausspringen der Streben bei derartigen Belastungsänderungen zu vermeiden.

Die Entwicklung der für den Fernmeldebau neuartigen Bauweise mit durchgleitenden Leitungsdrähten

ging schrittweise vor sich. Wie schon erwähnt, ist der Stahlbetonmast sowohl in der Anschaffung als auch im

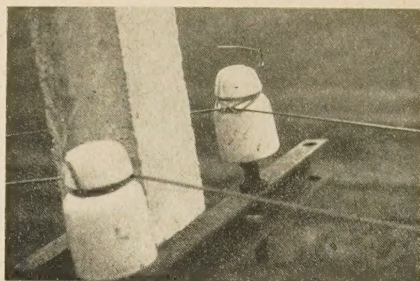


Abb. 9. Tragmastisolator mit Bindedrahtschlinge zum Durchgleiten des Leitungsdrahtes

Einbau um ein Vielfaches teurer als der Holzmast. Es war daher naheliegend, ihn vor Überbeanspruchung zu

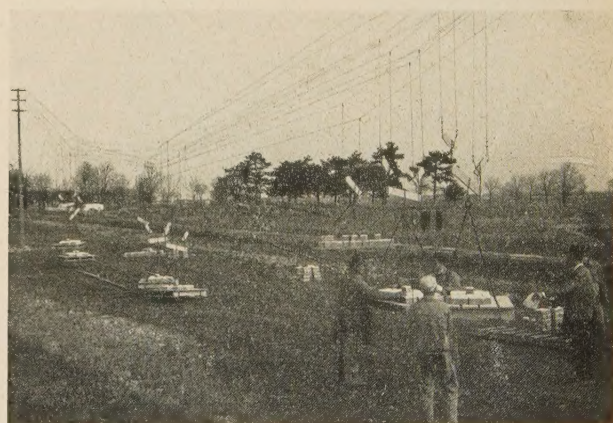


Abb. 10. Belastung der Leitungsdrähte bis zum Aufsitzen der Gewichte am Erdboden

schützen. Dies wurde auf zwei Arten gelöst. Der Abspannmast wurde so reichlich dimensioniert, daß eine

Überbeanspruchung und eine damit zusammenhängende Gefährdung, selbst bei außergewöhnlichen Verhältnissen, nicht auftreten kann. Bei außergewöhnlichen mechanischen Beanspruchungen wird der für eine maximale Bruchlast ausgelegte Leitungsdraht eher reißen, bevor den Abspannmast unzulässige Kräfte schädigen. Der mit Absicht billig ausgeführte Tragmast soll von solchen Belastungen freigehalten werden. Schon bei den Belastungsversuchen am Werksgelände (Abb. 8), wurden die Leitungsdrähte an die Isolatoren nicht mit dem üblichen Bund befestigt, sondern mit einer doppelten Bindedrahtschlinge (Abb. 9), welche das Durchgleiten gestattet.

Hierbei war der Bindedraht so dimensioniert, daß er vor Überbeanspruchung des Mastes riß. Bei den erwähnten Werksversuchen hat sich diese Maßnahme als

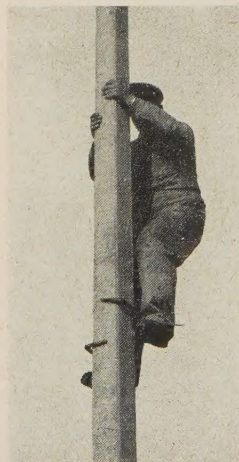


Abb. 11. Steigeisen für alle Typen von Stahlbetonmasten

zweckmäßig erwiesen. Selbst bei schwerster Überbelastung, bei welcher die Belastungsgewichte bereits den Boden berührten (Abb. 10), hatte der Mast nur eine durch die Reibung des Drahtes in der Bindedrahtschlinge hervorgerufene Kraft aufzunehmen, die eine unwesentliche Biegung des Mastes hervorrief.

Um diese Reibung zu vermeiden, wurde der Durchgleitisolator (BZ-Isolator) (s. Abb. 3) entwickelt. Der äußerst schwach dimensionierte Bindedraht als Schutz für Mast und Leitungsdraht gegen Bruch erfordert im Falle einer größeren Beanspruchung den Ersatz des

tal) und in sehr stürmischen Gegenden (Edelschrott-Stampf, Pack) als Versuchsbau aufgestellt. Als Abspann- und Winkelpunkte werden bei diesen Linien Maste in Stahlgitterausführung verwendet. Die Abspannabschnitte konnten bei dieser Technik ohne Bedenken mit zehn Tragfeldern bemessen werden, wobei jedes Tragfeld bei Drähten eine Länge von maximal 120 m und bei Kabeln noch höhere Werte aufweist. In besonderen Fällen kann diese Länge durch Übergang auf Weitspannfelder auch überschritten werden. Diese Weitspannfelder bedürfen auch hier wie im Hochspannungsleitungsbau jeweils besonderer Konstruktionsausführungen und Maßnahmen.

2) Der Tragmast

Aus der geschilderten Linienbauweise ergibt sich, daß hierbei die Tragmaste in der Leitungsrichtung im wesentlichen nur durch das Gewicht der Drähte (einschließlich Eislast) belastet werden, quer zur Leitungs-

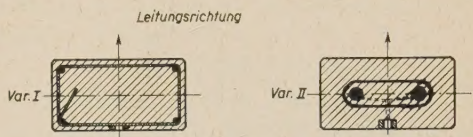


Abb. 13. Mastquerschnitte für Variante I und II

richtung hingegen den gesamten Winddruck (Mast und Leitungen) aufzunehmen haben. Die verschiedenen Belastungen (geringe Biegungsbeanspruchung in der Leitungsrichtung, große Biegungsbeanspruchung senkrecht dazu) erfordern zweckmäßig einen rechteckigen Querschnitt, und zwar mit der kurzen Achse in der Leitungsrichtung. Nach der Querschnittgebung und der

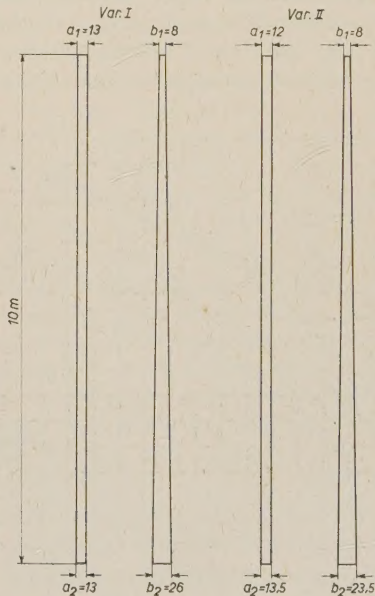
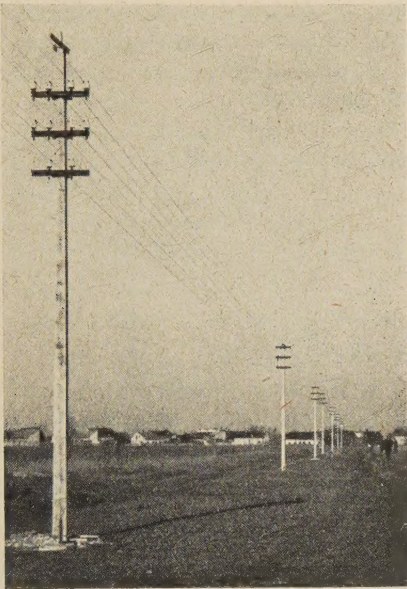
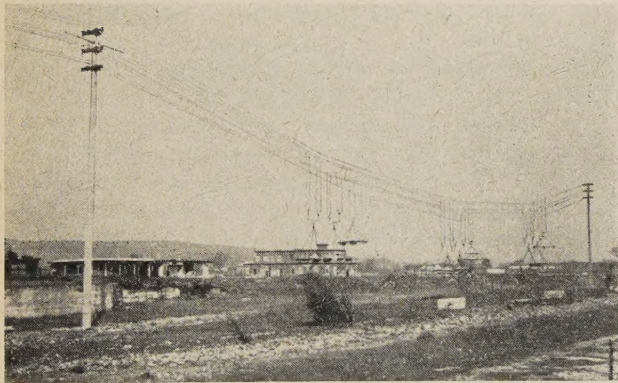


Abb. 14. Längsschnitt von 10 m langen Masten mit 150 kp Spitzenzug der Variante I und II

Anzahl der Längsbewehrungsstähle unterscheidet man zwei Varianten, und zwar die Variante I mit vier Stählen und beschränkter Vorspannung, und die Variante II mit zwei Stählen und voller Vorspannung (Abb. 13).



a



b

Abb. 12. Versuchslinien im Werksgelände

gerissenen Bindedrahtes, in weiterer Folge ein Besteigen des Mastes, was sich bei Verwendung des BZ-Isolators erübrigt.

Zum Besteigen des Mastes wurden Steigeisen entwickelt, welche durch das Gewicht des Mannes und der rauhen Betonoberfläche verlässlich haften und den Mast selbst nicht beschädigen. Abb. 11 zeigt die Verwendung solcher Steigeisen.

Durch die guten Erfahrungen mit der durchgleitenden Bauweise bei Drähten wird diese Technik nunmehr auch im Luftkabelbau auf Stahlbetonmasten erprobt. Solche Linien werden im Hochgebirge (Obergurgl, Ötz-

Der gesamte Querschnittsverlauf ist hauptsächlich eine Funktion der Biegung und verjüngt sich daher in der Richtung zur Spitze. Die Achse quer zur Leitungsrichtung verjüngt sich gegen die Spitze zu bei beiden Varianten, während die Achse aus den später zu erörternden Gründen in Leitungsrichtung bei Variante I gleich bleibt und bei Variante II sich geringfügig verkleinert (Abb. 14).

Die Bewehrungsstäbe sind bei beiden Ausführungsarten durch Bewehrungsbügel untereinander verbunden, wodurch sich eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen

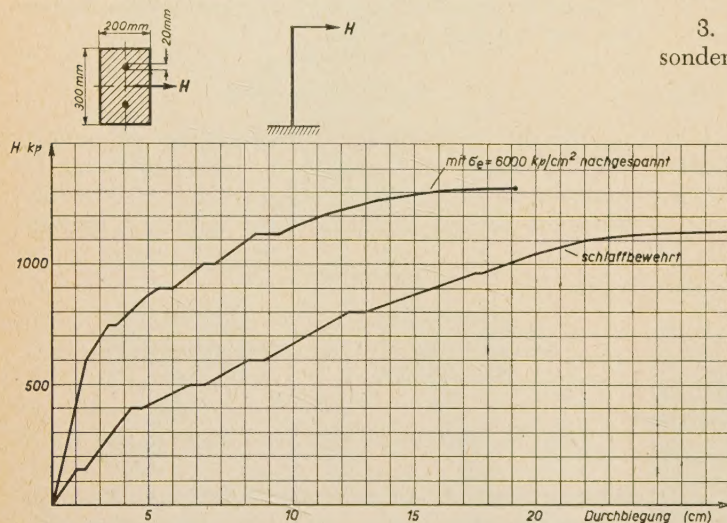


Abb. 15. Vergleich der Durchbiegung von Trägern mit schlaffer und voll vorgespannter Bewehrung
(aus L. FORKERT: Zement und Beton, [1958], Nr. 13)

Torsionsbeanspruchungen ergibt. Solche Maste können bei Abweichung der Leitungsrichtung von der Geraden bis maximal 30° auch als Winkeltragmaste verwendet werden. Die dadurch auftretende vermehrte Biegungs-

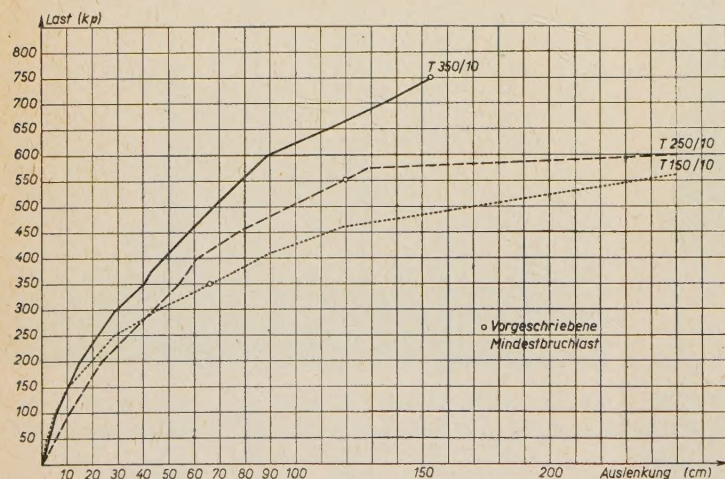


Abb. 16. Spitzenzug-Auslenkungsdiagramm für Maste für 150, 250 und 350 kp Spitzenzug bei 10 m Gesamtlänge

beanspruchung wird durch eine hinzugefügte Strebe oder einen Anker aufgenommen.

Die statischen, bzw. technischen Vorteile des rechteckigen Querschnittes sind zusammenfassend:

1. großes Widerstandsmoment in der Richtung der Hauptbeanspruchung;

2. die große Nachgiebigkeit innerhalb der Elastizitätsgrenze in der Querrichtung (Leitungsrichtung); das Verhältnis der Trägheitsmomente (etwa 5:1) ist so abgestimmt, daß bei einer Auslenkung der Mastspitze von etwa 1/10 der Mastlänge keinerlei Beschädigungen auftreten, die den Mast unbrauchbar machen. Bei solchen Auslenkungen würden die angebundenen Drähte des betroffenen Spannungsfeldes meistens schon am Boden aufliegen (s. Abb. 10);

3. die Betonqualität ist im Rechteckquerschnitt besonders leicht auf maximaler Höhe zu halten (leichteres Einbringen des Betons bzw. gute Überwachung bei Vibratoren);

4. der Rechteckquerschnitt ermöglicht in einfacher Art die Befestigung von Armaturen, ferner von Riegeln und abstützenden Streben und auch die Verwendung von Vorlegplatten bei schwierigen Gründungen.

Der Rechteckquerschnitt beinhaltet noch folgende praktische Vorteile für die Bau- und Erhaltungsarbeiten:

1. leichte Besteigbarkeit ohne besondere Hilfsmittel (einfache Steigeisen);

2. gute Transportfähigkeit durch solide Lagerung auf kleinstem Raum (gute Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Laderaumes);

3. Eindeutigkeit über die Verwendung hinsichtlich der angreifenden Kräfte, insbesondere beim Einbau;

4. optimale Querschnittausnutzung und damit Gewichtersparnis.

Für den Mastbau stehen grundsätzlich drei verschiedene Stahlbetonarten zur Verfügung, und zwar die schlaffe Bewehrung, der beschränkt vorgespannte und der voll vorgespannte Beton.

Wie aus dem Diagramm Abb. 15 zu sehen ist, weist ein schlaff bewehrter Träger gegenüber einem voll vorgespannten Träger gleichen Querschnittes bezüglich der Durchbiegung wesentliche Unterschiede auf. Bei einer größeren Anzahl von Serienversuchen hat es sich erwiesen, daß der schlaff bewehrte Betonmast (einseitig eingespannter Träger) „weicher“ ist und daher bei gleichem Querschnitt und gleicher Spitzenbelastung eine weit größere Durchbiegung (Auslenkung) aufweist, während bei der Rückkehr in die Ausgangslage (0 kg) der voll vorgespannte Mast nahezu keine bleibende Auslenkung zeigt, der schlaff bewehrte Mast hingegen die Ausgangslage nicht mehr vollkommen erreicht. Das hat zur Folge, daß aufgetretene Risse im ersteren Fall, auch für das bewaffnete Auge, sich bis zur Unsichtbarkeit schließen, im letzteren Falle aber noch, wenn auch geringfügig, sichtbar bleiben. Die Belastungsversuche haben somit gezeigt, daß an wirtschaftlich tragbar dimensionierten, schlaff bewehrten Masten unvermeidlich solche Risse auftreten, die für den Bestand des Mastes durch Wasser- bzw.

Frosteinwirkung gefährdend sind. Die Österreichische Post- und Telegraphenverwaltung hat sich daher für den vorgespannten Mast entschieden.

In Abb. 16 werden Spitzenzug-Auslenkungsdiagramme für voll vorgespannte Maste von 10 m Länge und einem nutzbaren Spitzenzug von 150, 250 und 350 kp dargestellt. Alle drei Maste ertrugen eine Belastung über die zulässige Bruchlast hinaus. Bei einer Auslenkung von 1/10 der Mastlänge, d. i. in den dargestellten Fällen 1 m, liegt die hierfür aufgewendete Kraft wesentlich unter der garantierten Bruchlast für die Maste 250 und 350 kp. Bloß beim Mast T 150 liegt die Bruchlast bei 0,65 m Auslenkung, also unter 1/10.

In der Leitungsrichtung können solche Beanspruchungen wegen der durchgleitenden Bauweise nicht auftreten, quer hierzu ist jedoch der Mast bezüglich der zu erwartenden Windbelastungen entsprechend dimensioniert und es sind daher keine Überbeanspruchungen zu erwarten.

Abb. 17 zeigt bei Variante I und II den Anschluß der Blitzspitze am Mastkopf, den Anschluß der Erdungsmutter am Mastfuß und die Ansicht der Maste mit dem

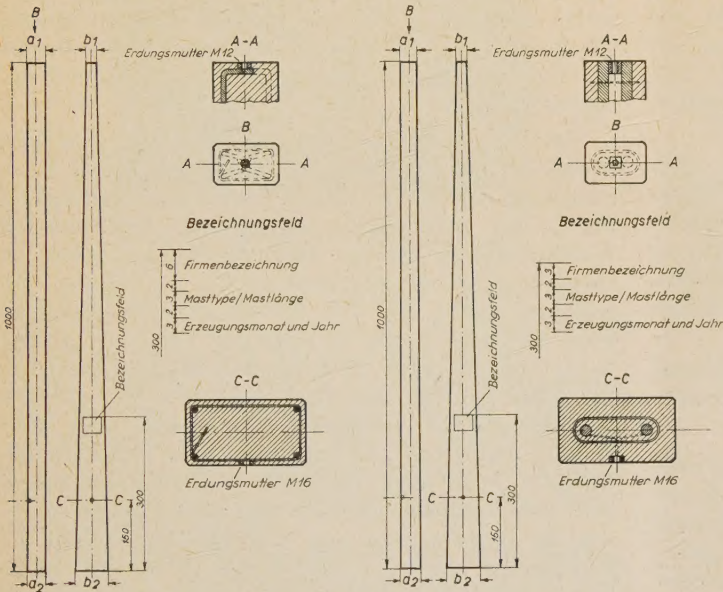


Abb. 17. Mastbilder der Varianten I und II

Bezeichnungsfeld. Die Blitzspitze und die Erdungsmutter müssen zum Schutz gegen atmosphärische Entladungen vorgesehen werden. Der diese beiden Punkte

Nutzbarer Spitzenzug in kp		Variante I			Variante II		
		150	250	350	150	250	350
a ₁	cm	13,0	13,0	15,0	12,0	12,0	13,0
a ₂	cm	13,0	13,0	15,0	13,5	13,8	20,0
b ₁	cm	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	13,0
b ₂	cm	26,0	30,0	32,0	23,5	28,2	32,0
Beton	m ³	0,209	0,236	0,287	0,203	0,249	0,383
Gewicht	kp	523	589	718	507	640	980

Bezeichnungen siehe Abb. 17.

Abb. 18. Gegenüberstellung der Abmessungen und Gewichte von 10 m langen (eingebaut 8 m Höhe über Boden) Masten bei nutzbaren Spitzenzügen von 150, 250 und 350 kp

verbindende Bewehrungsstahl muß demgemäß einen Querschnitt von etwa 50 mm² aufweisen.

Die aus der Tabelle ersichtlichen Unterschiede in der Dimensionierung der Querschnitte haben ihre Ursache hauptsächlich in der Anordnung von vier gegenüber zwei Bewehrungsstäben in der Längsrichtung. Der verwendete Beton muß eine Prismenfestigkeit von mindestens 500 kp/cm² erreichen. Die Achse „a“ darf vom Mastfuß bis zur Spitze keine wesentliche Änderung erfahren, weil die Steigeisen, auf eine Weite eingestellt, während des Besteigens nicht umgestellt werden können. Die Maste wurden für 6...12 m Länge in ganzen Metern ausgelegt. Ein Fünftel, als Einbautiefe vorgesehen, ergibt vier Fünftel der Gesamtlänge als nutzbare Höhe über dem Boden. Um noch nach dem Einbau der Maste die Einbautiefe feststellen zu können, wurde einheitlich der Abstand der oberen Kante des Bezeichnungsfeldes vom unteren Ende des Mastes mit 3 m festgelegt.

Die verschiedenen Mastlängen sind notwendig, um die zu bauende Freileitung den auftretenden Gelände-verhältnissen anzupassen.

Hat der rechteckige Querschnitt die bereits erwähnten Vorteile bezüglich der Konstruktion, des Baues und der Erhaltung, so treten zu diesen noch die Vorteile in der vereinfachten und kontrollierten Fertigung hinzu. Die ebenen Seitenflächen gestatten eine liegende Fertigung und Lagerung des Mastes. Die Erzeugung der Maste erfolgt in Stahlschalungen unter Anwendung des Rüttelverfahrens mittels Vibrators zum Verdichten des Betons. Diese Schalung hinterläßt eine einwandfreie Oberfläche am fertigen Mast. Um an Gewicht zu sparen, sind bei Variante I Hohlräume am unteren Teil des Mastes vorgesehen. Als Spannstangen werden Torstahl oder Querrippenstahl (Betonrippenstahl) verwendet. Diese Stähle haben neben ihren hohen Festigkeitswerten die Eigenschaften einer ausgezeichneten Verbundwirkung und eignen sich daher für dieses Verfahren besonders.

Hat der Beton eine Festigkeit von 100 kp/cm², was in etwa 15 h nach dem Betonieren eintritt, erreicht, können die Spannstangen mittels einer eigenen Vorrichtung leicht vorgespannt werden. Hierdurch wird der Transport des Mastes zum Erhärtungslager ohne Gefahr ermöglicht. Beim Vor- sowie Nachspannen muß mit äußerster Sorgfalt vorgegangen werden, da bei einem Schlankheitsverhältnis (Mastbreite zu Masthöhe — 1 : 80 und mehr) ein Verziehen sehr leicht eintreten kann. Beim Rohrzugverfahren²⁾ sind derartige, unerwünschte Verformungen ohne Schwierigkeit ausgleichbar, und der Mast kann in gerader Form fertig erhärten.

Beide Varianten verfügen gegenüber den schlaffen Stahlbetonmasten über eine erhöhte Transportfähigkeit.

Sie haben sich sowohl auf dem Versuchsgelände als auch in den gebauten Versuchslinien bewährt, und es hat sich auch nach dem Einbau nicht die geringste Beanstandung ergeben. Vielmehr haben sie schweren Belastungen im Winter 1958/59, ohne Schaden zu neh-

²⁾ L. Forkert: Spannbetonmaste nach dem Rohrzugverfahren, Zement und Beton, (1958), Aug., Nr. 13.

men, standgehalten. Durch diesen Erfolg veranlaßt, wurden versuchsweise Maste dieser Art auch für die Verlegung von Luftkabeln in Gebirgs- und Hochgebirgs-gegenden herangezogen. Über die hierbei gewonnenen Erfahrungen und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse wird zur gegebenen Zeit berichtet werden.

3) Bauelemente der Leitung

Die Betriebssicherheit einer Freileitungs- oder Luftkabellinie wird u. a. durch gute Materialwahl, zweckentsprechende Konstruktion der Bauelemente, richtige Belastungsannahme (wie Winddruck auf die Tragwerke und Leitungen, Schnee- und Eislasten usw.) und, daraus sich ergebend, durch richtige Bemessung des Durchhanges und der Zugspannung in hohem Maße bestimmt. Die „statische Durchrechnung“ einer Freileitungs- oder Luftkabellinie mit Stahlbetonmasten nach der in der Einleitung beschriebenen Art ist demnach von großer Wichtigkeit. Beim Bau von Stahlbetonmastlinien müssen die Leiterbeanspruchungen und Durchhänge für jeden Abspannbereich gesondert gerechnet werden. Die Berechnung von Zugspannung und Durchhang mit allen dazugehörigen Hilfsrechnungen ist eine Aufgabe der Mechanik; überdies darf nicht übersehen werden, daß die mechanische Belastung im Luftkabelbau unter Umständen großen Einfluß auf die elektrische Übertragungsgüte der Leitungen haben kann.

Gefordert werden bei Stahlbetonmastlinien reißsichere Leitungen und umbruchsichere Leitungsabspannpunkte, da sie im allgemeinen in topographisch schwierigem Gelände und meteorologisch ungünstig liegenden Gebieten zur Errichtung kommen; die Baukosten sollen hierfür im Vergleich zu bisher üblichen Bauweisen geringer sein.

Für die „statische Berechnung“ sind, dem Vorstehenden entsprechend, u. a. zwei grundsätzliche Forderungen maßgebend:

Die Maststandpunkte der Tragmaste sollen möglichst weit voneinander entfernt liegen, wobei jedoch mit wirtschaftlichen Masttypen (niedrigem Spitzenzug und geringen Masthöhen) das Auslangen gefunden werden soll. (Die beiden letzten Forderungen gelten auch für Abspannmaste aller Art.) Die Leitungen (Kabel) sollen eine so hohe Zugspannung aufweisen, daß ein geringer Durchgang erzielt und damit die obigen Forderungen erfüllt werden.

Für die Berechnung und Gestaltung dieser Linien werden weitgehend die ÖVE-L 1/1956 und ÖVE-L 1 a/1959 (Österreichische Vorschriften für die Elektrotechnik. Freileitungen) verwendet. Die in diesen Bestimmungen angewandten Vereinfachungen und Annäherungen und die durchgeführten Anpassungen in Anlehnung an sonst übliche Berechnungsmethoden des Hochspannungsfreileitungsbaues geben, wie umfangreiche detaillierte Berechnungen und Versuchsbauten zeigten, für den praktischen Bedarf ausreichende Genauigkeit. Für die Organe des ausübenden Baudienstes konnte damit eine entsprechend vereinfachte Berechnungsform geschaffen werden.

Im Nachstehenden werden die einzelnen Bauelemente für den Fernmeldefreileitungsbau mit Stahlbetonmasten mit den ihnen endgültig zugeordneten Belastungsannahmen beschrieben, ohne daß hierbei auf

Details der Berechnungen und Vorversuche, Erprobungen usw. eingegangen wird. Der Bau von Luftkabeln wird hier nur gestreift.

3,1) Die Tragmaste (T) aus vorgespanntem Stahlbeton haben rechteckigen Querschnitt und werden, da, wie bereits erwähnt, die Belastung durch Winddruck auf Tragwerk und Leitungen im allgemeinen größer als der in durchgleitender Bauweise mögliche Leitungs-(Differenz-)Zug ist, mit den langen Seiten des Rechteckes senkrecht zur Leitungsrichtung gestellt. In Leitungsrichtung kann der Mast nur etwa 50% seiner Nennbeanspruchung aufnehmen. Die wirtschaftlichste Type ist der T 250. Bei dieser Masttype (nutzbarer Spitzenzug = 250 kp) kann der senkrecht auf die Leitungen und auf die Armaturen wirkende Winddruck daher 250 kp betragen, womit bei gegebener Masthöhe, Leiterzahl und Leiterquerschnitt die zulässige Spannweite gegeben wäre. Sie würde z. B. bei zehn Leitungen (20 Drähte) aus Stahlkupferdraht mit 2 mm Durchmesser und einer freien Masthöhe von 8 m etwa 125 m und bei sechs Leitungen mit 3 mm Durchmesser (12 Drähte) unter sonst gleichen Bedingungen etwa 140 m betragen. Diese möglichen Spannweiten müssen mit den errechneten Grenzspannweiten der Drahtarten in Übereinstimmung gebracht werden (s. auch Stahlkupferdraht).

Die in Leitungsrichtung durch unterschiedliche Spannfeldlängen auf die Tragmaste wirkenden Horizontalzüge und die bei starken Höhenunterschieden und übergroßen Zusatzlasten auftretenden resultierenden Beanspruchungen werden durch die Nachgiebigkeit der Maste innerhalb des Abspannbereiches ausgeglichen; der wirksame Anteil auf den Einzelmast wird hierdurch klein. Die sehr große Beweglichkeit der Mastspitzen (hohe Auslenkbarkeit bei Rißfreiheit bis zum Erreichen der vollen Nutzlast und Wiederschließen der bei höheren Belastungen auftretenden Haarrisse nach Entlastung) wird in den Berechnungen nicht berücksichtigt, bedeutet daher eine zusätzliche Erhöhung der Sicherheit! Die Masthöhen konnten trotz großer Spannweiten, wie die Berechnungen und Erprobungen ergaben, im allgemeinen mit 7...12 m festgelegt werden. Mastlängen bis 14 m können im Sonderfall eingebaut werden.

Mit den vorgenannten Masttypen und den Mastlängen wird auch im Luftkabelbau bis zu einem Kabel-Außendurchmesser von 30 mm das Auslangen gefunden. Nur für Netzgruppenkabel-Typen über $24 \times 2 \times 0,9$ (DM) muß die stärkere Masttype T 350 verwendet werden. Nach den in der ÖVE-L 1/56, Tafel 32.08, angegebenen Rechnungswerten reicht für die Bodenarten

- C mittelfester trockener Lehm oder Ton
trockener feinkörniger Sand,
- D festgelagerter Lehm oder Ton
grober kieshaltiger Sand,
- E sehr fester grober Sandboden und
- F festgelagerter Kies und Schotter

der bei Holzmasten übliche Einbau (Einbautiefe = $\frac{1}{3}$ der Gesamtlänge) aus. Eventuelle Bodenverstärkungen zur Erhöhung der Standfestigkeit an exponierten Punkten (hoher Winddruck usw.) können in Form von Steinkränzen, Beton-Druckplatten usw. eingebaut werden.

3,2) Die Endabspannmaste (EA) und Kabelüberführungen (KÜ) sind so bemessen, und werden einseitig mit Streben oder Anker so verstärkt, daß sie den gesamten einseitigen höchstmöglichen Leitungszug — Bruchlast der Leitungen als „Nutzlast“ aufnehmen können. Je nach Drahtart und Zahl der Leitungen beträgt diese maximale „Nutzlast“ 5 000 oder 10 000 kp. Zur Vermeidung hoher Knickbeanspruchungen an Strebe und Mast wurde die Gesamtlänge der EA und KÜ mit höchstens 10 m festgelegt. Die Fundierung der Endabspannmaste und Kabelüberführungen erfolgt nur mit Betonfertigteilen nach dem Baukastensystem. Metallteile werden hierbei wegen der Korrosionsgefahr im Boden nicht verwendet. Bei Strebenverstärkung erhält der auf Zug beanspruchte Mast eine aus Abb. 19 ersichtliche Verankerung im Boden, welche aus 2 Keilriegeln, 2 Zangen und einer den verschiedenen Boden-

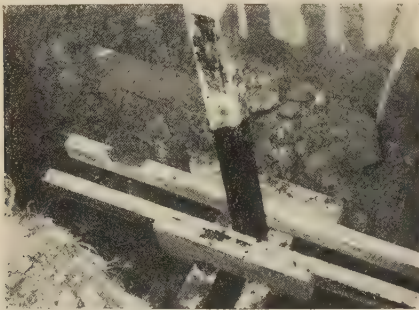


Abb. 19. Mastverankerung im Boden

arten angepaßten Anzahl Schwellen besteht. Die in Abb. 19 gezeigte Mastversenkung im Boden ist für 15 000 kp Vertikalzug berechnet und erprobt.

Im vorstehenden Bild sind erst zwei von insgesamt acht Schwellen auf die Keilriegel aufgelegt. Die weiteren Schwellen werden außerhalb der Zangen aufgelegt.

Die Strebe wird mit ihrem Fußende bei Fels unmittelbar, bei anderen Bodenarten auf eine Boden-Druckplatte aufgesetzt.

Diese Boden-Druckplatte wird mit ihren Auflageflächen senkrecht zur Strebenachse eingebaut und kann,



Abb. 20. Boden-Druckplatte mit 2 Schwellen

wie aus Abb. 20 ersichtlich, zur Vergrößerung der Auflagefläche mit 2...5 Schwellen unterlegt werden.

Der von einer Strebe maximal aufzunehmende Druck beträgt 20 000 kp. Mit dem EA oder der KÜ wird die Strebe, wie bei Abb. 7 beschrieben und in Abb. 21 detailliert gezeigt wird, über ein am Mast be-

festigtes Strebenlager verbunden. Das zwischen Strebe und Strebenlager eingebaute Spannschloß läßt einerseits Zugbeanspruchungen der Strebe bis 4 000 kp zu (Druck-Zug-Strebe), und sichert andererseits den Kugelpfopf der



Abb. 21. Befestigung einer Strebe im Strebenlager

Strebe vor Herauspringen aus dem Polsterstück des Lagers.

Anstelle von Streben können bei Bedarf auch Anker gesetzt werden. Die Verankerung des Ankerfußes, der wie das untere Drittel eines Endabspannmastes geformt ist, erfolgt gleichartig wie bei diesem mit Hilfe von



Abb. 22. Ankerfuß mit Keilriegel und Zangen

Keilriegeln, Zangen und Schwellen. Sämtliche Teile sind wieder als Betonwerkstücke im Baukastensystem hergestellt (Abb. 22).

In eine im Ankerfuß einbetonierte Stahlhülse mit Innengewinde wird die Ankerstange eingeschraubt, die

ihrerseits über ein Rohrspannschloß mit einem Anker-Ergänzungsseil und mit der Ankerkopfplatte am Mast verbunden wird. Der Ankerfuß und die Ankerstange

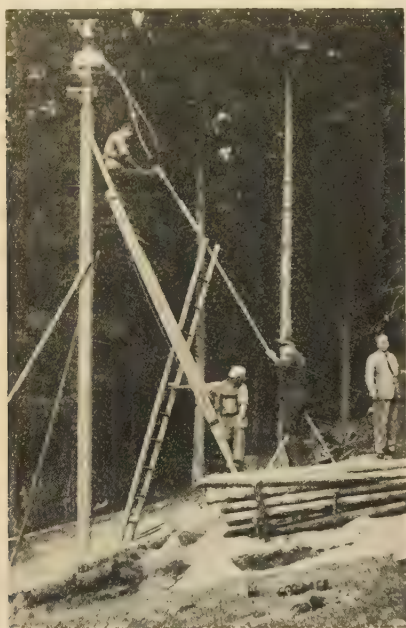


Abb. 23. Anker bei der Montage

haben feste Maße; durch das Anker-Ergänzungsseil kann jede beliebige Ankerlänge erzielt werden.

Die Anker sind für 20 000 kp Zuglast bei einem Ansatzwinkel von 30° zum Mast berechnet und erprobt.

3,3) Die Winkel- und Zwischenabspannmaste werden im allgemeinen als Fachwerkmaste mit quadratischem Querschnitt ausgeführt, die für einen maximalen



Abb. 24. Stahlgittermast

Spitzenzug von 5 000 bzw. 10 000 kp zuzüglich der Windbelastung auf den Mast und die Leitungen (Luftkabel) ausgelegt sind. Bei der Dimensionierung wurde

berücksichtigt, daß diese Maste auch als Winkelabspannmaste für einen kleinsten Leitungswinkel von 120° verwendbar sind. Die Eckstiele werden in einer Länge geliefert und erst an der Baustelle mit der Ausfachung verschraubt (leichter Transport und bessere Montage). Die Fundierung erfolgt mittels eines abgestuften Betonfundamentes (Blockfundament), da die Basis des 12 m langen Mastes selbst nur $1,2 \times 1,2$ m beträgt, also andere Fundamente als Blockfundamente nicht günstig sind. Maste und Fundamente werden nach den Freileitungsvorschriften ÖVE-L 1/1956 und ÖVE-L 1 a/1959 berechnet und werden den dort vorgeschriebenen Abnahmebedingungen und Prüfungen unterworfen. In besonderen Fällen (Maststandpunkte im unwegsamen Gelände usw.) können Zwischen- und Winkelabspann-



Abb. 25. Stahlbetonmast mit zwei Ankern als Winkelabspannmast

maste, ähnlich wie Endabspannmaste, als Stahlbetonmaste mit zwei Ankern (in Verlängerung jeder Leitungsrichtung) ausgeführt werden.

3,4) Winkeltragmaste, wie Abb. 26 zeigt, werden nur in Fernmeldelinien mit Freileitungsdrähten eingebaut. Als Mast wird ein bereits beschriebener Stahlbeton-Tragmast der Type T 250 eingebaut, der durch eine Strebe oder einen Anker in bereits bekannter Art in Richtung des resultierenden Leitungszuges verstärkt wird.

In Freileitungslinien werden die Winkeltragmaste bis zu einem kleinsten Leitungswinkel von 150° eingebaut.

3,5) Die Querträger aus U-Profil, mittels Gegenstück und mit Mutterschrauben an den Tragmasten angepreßt, werden vorerst für 4 Isolatorstützen (Drahtabstand 30 cm) hergestellt (s. Abb. 1 und 26). Der senkrechte Abstand zwischen zwei Querträgern beträgt 50 cm. Bei allen Abspannmastarten wird an Stelle des Gegenstückes ein zweiter Träger montiert, wobei die beiden Querträger zur besseren Verteilung der Zugbeanspruchung noch zusätzlich durch die Laschengarnituren zur

Aufnahme der Schäkelisolatoren miteinander verbunden sind (s. Abb. 7, 21, 23 und 25).

3,6) Auf Isolatorstützen üblicher Bauart (mit verstärktem Schaftansatz) werden auf Tragsmasten „Isolatoren B mit z-förmiger Kopfnut Bz“ montiert. Diese neuen Bz-Isolatoren sind eine der Voraussetzungen für



Abb. 26. Winkeltragmast mit Strebe

die „durchgleitende Bauweise“ der Leitungsdrähte. Die Drähte sind in diesen Isolatoren, wie aus den Abb. 3 und 4 ersichtlich, freibeweglich gelagert. Die zwischen dem Kupfermantel des Drahtes und der Glasur in der Nut des Isolators auftretenden Reibungskräfte und damit der Abrieb an beiden Bauelementen sind als sehr gering zu bezeichnen. Der Einbau von Stützenisolatoren üblicher Bauart bei Abspannmasten wäre wegen der zu großen Beanspruchung der Isolatorstützen auf Biegung und der Querträger auf Biegung und Verdrehung nicht geeignet. Es werden daher „Schäkelisolatoren mit Mittelrille (SM)“ vorgesehen. Diese werden in Laschengarnituren mittels Schäkelbolzen befestigt (s. Abb. 5, 6, 7, 21 und 25) und belasten die Querträger nur auf Biegung, wobei durch Zusammenfassung der parallel liegenden Querträger mit durchlaufenden Laschengarnituren die Belastung gleichmäßig auf beide Träger verteilt wird.

Um die bereits wiederholt genannten Anforderungen an die Stahlbetonmastlinien tatsächlich zu erfüllen, war vor allem die Schaffung eines „Freileitungsdrahtes mit besonderen mechanischen Eigenschaften“, er soll hier als „Stahlkupferdraht mit höherer Festigkeit“ bezeichnet werden, erforderlich. Ebenso mußte für Starkstromkreuzungen und sonstige isolierte Leitungsführungen ein „wettersicher isolierter Stahlkupferdraht höherer Festigkeit“ hergestellt werden.

Aus nachstehendem „ideellem Spannungs-Dehnungsdiagramm für Stahlkupferdraht mit 2 und 3 mm Durchmesser“ können die wichtigsten Merkmale entnommen werden.

Für den Bau von Luftkabeln werden z. Z. „Selbsttragende Luftkabel mit Aluminiummantel, feuerverzinkten Rundstahldrähten und feuerverzinkter Flachband-Gegenwendel (SLK)“ verwendet, die im elektrischen Aufbau den üblichen Orts- und Fernkabeln der Österreichischen Post- und Telegraphenverwaltung entsprechen.

Die Runddrahtbewehrung wird aus Stahl II und III (Zugfestigkeit 70 bis 120 kp/mm²) hergestellt. Ihr Querschnitt bei allen Kabeltypen ist — bedingt durch den Umfang der Kabel — so groß, daß bei voller Ausnutzung der zulässigen Spannungen die Grenzeislasten und die Grenzspannweiten weit über den tatsächlich möglichen Belastungswerten liegen.

Alle aufgezählten Bauelemente einschließlich der nicht besonders genannten Hilfselemente sind statisch aufeinander abgestimmt. Im Zusammenbau kommen außer den errechenbaren Sicherheiten noch zusätzlich nicht erfaßbare hinzu.

Der Berechnung der Freileitungen und Luftkabel sind, da im allgemeinen die kritische Spannweite a_k kleiner als die ideelle Spannweite a_i eines Abspannbereiches ist, für den Ausgangszustand als Belastungsannahme — 5 °C und Normaleislast zugrundegelegt.

Bei Freileitungslinien wird, soweit sie nicht von besonderer Wichtigkeit sind, als maximale Höchstbelastung des Leiters die 2,5fache Normaleislast angenommen; für Freileitungen besonderer Wichtigkeit kann dieser Höchstwert auf die 5fache Normaleislast erhöht werden. Bei Luftkabeln mit SLK wird, da es sich hier nur um wichtige Linien (Netzgruppenleitungen I. und II. Ordnung usw.) und Linien in schwierigem Gelände handelt, mit der 5fachen Normaleislast als maximale Höchstbeanspruchung gerechnet. Damit sind die größten zulässigen ideellen Spannweiten für die Abspannbereiche gegeben. Sie müssen mit den bei der Beschreibung

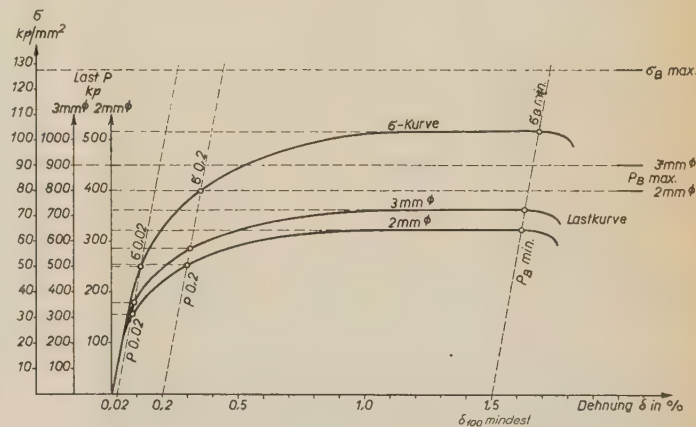


Abb. 27. Spannungs-Dehnungsdiagramm für Stahlkupferdraht

der Tragmaste auf Grund der Windbelastung abgestimmt werden.

Steigt die Belastung über die genannten Werte an, wird an den Abspannmasten eine mechanische Sicherungseinrichtung ausgelöst, die eine Verlängerung der Leitungen (Kabel) und damit eine Durchhangsvergrößerung und Spannungsentlastung mit sich bringt. Je nach vorgesehener Reservelänge an Leitungen und Kabeln beträgt die Entspannung etwa 10...25%. Diese mögliche Entlastung und die durch das „Durchgleiten“ der Leitungen innerhalb eines Abschnittes gegebene Elasti-

zität sind ein weiterer Punkt für die Reiß- und Umbruchssicherheit der Stahlbetonmastlinien.

Zusammenfassend ergibt sich aus dem bisher Gesagten:

1. Freileitungs- und Luftkabelnlinien mit Stahlbetonmasten, als hochwertiger Leitungsbau reiß- und umbruchssicher ausgeführt, sind keineswegs als Ersatz für den Bau von Holzlinien oder Erdkabelnlinien gedacht, sondern sollen diese ergänzen.



Abb. 28. Erster Abspannbereich der Linie „Mandling — Forstau“

2. Im Freileitungsbau sollen Stahlbetonmastlinien demnach dort gebaut werden; wo hohe Betriebssicherheit gefordert und/oder der Bau von Holzlinien und deren Erhaltung durch die topographische Gestaltung und die meteorologischen Verhältnisse eines Gebietes nicht oder nur mit einem unwirtschaftlichen Aufwand möglich wären.

In besonders gefährdeten Streckenteilen, z. B. im Hochgebirge, kann es zweckmäßig und wirtschaftlich



Abb. 29. Abspannbereich der Linie „Wolfshof — St. Leonhard a. HW“

sein, an Stelle der Stahlbetonmaste einen Erdkabelabschnitt einzufügen (z. B. Zwischenkabel bei der Querung von Lawinengängen großen Ausmaßes, usw.).

Der Abspannbereich der Versuchslinie „Mandling — Forstau“ verläuft auf 1 km Länge entlang der Enns mit Spannfeldlängen von 110 . . . 120 m; am Ende des sichtbaren Linienteiles (Abb. 28) ein Winkelabspannmast



Abb. 30. Steilhangabschnitt der Linie „Mandling — Forstau“

(Stahlbetonausführung). Die Linie wurde mit 4 Leitungen (8 Drähten) aus Stahlkupferdraht mit 3 mm ϕ gebaut.

Der 1. Abspannbereich der Versuchslinie „Wolfshof — St. Leonhard a. HW“ hat eine Länge von 1 000 m



Abb. 31. Stahlbetonmast in der Brandlscharte (1 200 m ü. d. M.)

mit Spannweiten bis 120 m. Abb. 29 zeigt im Vordergrund einen Zwischenabspannmast (Stahlbetonausführung) mit Übergang von einer Holzlinie auf die Stahlbetonmastausführung und die Abzweigung einer Leitung (im Bild nach rechts).

3. Luftkabelnlinien auf Stahlbetonmasten sollen analog dem Vorhergesagten dort eingebaut werden, wo unter Beibehaltung der für Erdkabel gegebenen Betriebssicherheit die topographische Gestaltung eines Gebietes eine wirtschaftliche Erdkabellegung nicht zuläßt (Felsboden, Führung der Linie auf großem

Umweg wegen Sumpf- oder Rutschgebiet usw.) bzw. in Gebieten, deren fernmeldetechnische Entwicklung nicht abzusehen ist (gilt auch schon bei Freileitungen — spätere leichte Austauschmöglichkeit einer Leitungs- oder Kabeltype auf ein Luftkabel höherer Paarzahl).

Auch bei Luftkabeln auf Stahlbetonmasten kann, wie bei den Freileitungen in Pkt. 2 beschrieben, eine Erdkabeleinfügung von besonderer Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit sein.

Unter bestimmten Voraussetzungen kann auch der umgekehrte Vorgang von großer Bedeutung sein, d. h. die Einfügung einer Freileitungs- oder einer Luftkabelnlinie auf Stahlbetonmasten in eine Erdkabelnlinie könnte zweckmäßig und wirtschaftlich sein.

4. Als *besondere Vorteile* sind noch die formschöne, unauffällige Einfügung der Stahlbetonmaste in die Landschaft, Schonung der Kulturen durch Setzen der Stützpunkte in nicht bebauten, ungenützten Flächen, Vermeidung späterer kostspieliger Linienumlegungen durch Querfeldeinführung der Linien, Wegfall von Nachuntersuchungen, Nachimprägnierungen und Instandhaltungen, erhöhter Unfallschutz durch die Umbruchsicherheit der Maste usw. anzuführen.

Abb. 30 zeigt einen Ausschnitt aus einem Steilhangabschnitt. Die Neigung der Linie beträgt bis zu 38° . Die Mastabstände betragen hier bis zu 100 m. Im Hintergrund die Ennstaler Bundesstraße.

Abb. 31 zeigt einen Tragmast mit 4 Leitungen im Steilhang.

Gießharze im Wandler- und Apparatebau¹⁾

Von W. OBURGER, Wien

DK 621.315.616.96 : 678.077 : 620.22

Eine relativ neue Gruppe der Duroplaste stellen jene Kunststoffe dar, die unter dem Einfluß eines Katalysators bei Raum- oder erhöhter Temperatur er härten. Die Hauptvertreter dieser Gruppe sind die ungesättigten Polyester und die Epoxyd- oder Äthoxylinharze. Als thermohärtende Stoffe haben die Epoxydharze wahrscheinlich zuerst in bescheidenem Ausmaß die Phenolharze ersetzt, bis A. IMHOF [1] sie in den Jahren 1946...1949 — erste Versuche reichen bis 1941 zurück — in die Elektrotechnik eingeführt hat. Seither hat eine stürmische Entwicklung nicht nur der Epoxydharze, sondern auch der Gruppe der ungesättigten Polyester eingesetzt. Diese Entwicklung betrifft nicht nur den chemischen Aufbau [2], sondern auch die Anwendungsweisen und die Anwendungen [3] selbst.

In der Elektrotechnik werden diese Harze als Tränkeharz, als Träufelharz, als Bindemittel für Schichtpreßstoffe, als Klebstoff für Metalle, Isolierstoffe und Kera-

mit fast der gesamten Isolation und des mechanischen Aufbaues der Gießharz-Trockentransformatoren und -Wandler erobert. Weiter können aus Gießharzen massive Isolierteile hergestellt werden. In diesem Fall ist

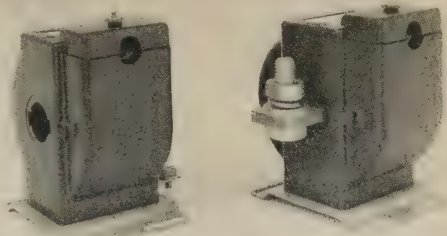


Abb. 2. Niederspannungs-Stromwandler, 0,6 kV, 600 A, in Gießharzausführung; links: für einschiebbare Stromschiene; rechts: mit eingebauter Stromschiene (Werkbild Moser-Glaser & Co. AG, MuttENZ, Schweiz)

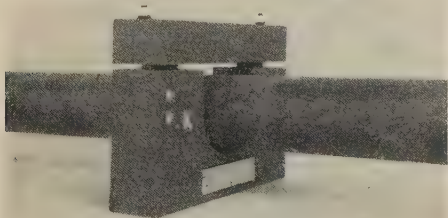


Abb. 1. Loch-Stromwandler, 1 kV, 1 500 A, mit abnehmbarem Joch in Gießharzausführung (Werkbild Moser-Glaser & Co. AG, MuttENZ, Schweiz)

mik, als Spachtelmasse, als selbsthärtende Kaltvergußmasse für glasfaserarmierte großflächige Kunststoffteile und als Gießharz eingesetzt [4].

Als Gießharze haben sich besonders die Epoxydharze durch das manchmal als Durchemaillierung bezeichnete Ein- und Umgießen von Wicklungen das Ge-

biet nicht nur Isolation, sondern auch tragender Werkstoff. Dies führt zur Verwendung der Gießharze an Stelle von Porzellan zur Herstellung von Isolatoren und von Schaltgeräteeilen.

Die Entwicklung der gießharzisierten Trockenwandler hat etwa 1946 in der Schweiz eingesetzt, und diese Technik wurde 1949, zuerst im Lizenzweg, von Deutschland, dann besonders von Frankreich, Belgien und Österreich übernommen. Die ersten Gießharz-Spannungswandler wurden mit organisch gefüllten Polyesterharzen, die ersten dieser Stromwandler mit Epoxydharzen mit Schiefermehlfüllung hergestellt. Im Laufe der Entwicklung ist man, wahrscheinlich wegen des kleineren Schwundes und der geringeren Neigung zur Rißbildung, ganz auf Epoxydharze übergegangen.

Die Form der Wandler war anfangs durch den Stand der Gießtechnik und des Formenbaus gegeben, mit dem Fortschritt beider wurden sie den Gegebenheiten angepaßt und führten so zu ganz neuen Bauarten. Die erwähnten Fortschritte bestanden in der Verbesserung der Harze, in der Einführung von Harzvorbereitungs- und Mischanlagen und in dem Ersatz der Blechformen durch solche aus Gußeisen.

¹⁾ Aus einem Vortrag, gehalten bei der Second National Conference of the Application of Electrical Insulation der AIEE und NEMA in Washington D.C. am 9. Dezember 1959.

Weiter ist die Erfahrung bei der konstruktiven Gestaltung von Gießharzisolationen und -teilen gewachsen. Die Konstrukteure wissen heute auf Grund der gesammelten Erfahrungen Bescheid über die nötigen Wandstärken, die Übergänge verschiedener Querschnitte ineinander, die Ausbildung von einzubettenden Teilen und die Bemessung ihrer gegenseitigen Abstände. Diesen Umständen muß unter der nötigen Rücksicht auf den Formenbau Rechnung getragen werden.

Der jetzt ausschließlich verwendete Füllstoff ist feines Quarzmehl, wobei dieses noch nach Korngröße und Reinheit unterschieden werden kann. Das Quarzmehl gibt dem Gießharzstück eine sehr hohe Kriechwegfestigkeit und verbessert noch etwas die an sich gute Lichtbogenfestigkeit. Bei Polyesterharzen erreicht man übrigens mit Antimonoxydfüllung eine beachtliche Verbesserung dieser Eigenschaft.

Die Quarzmehlfüllung im Verein mit den früher erwähnten Fortschritten in der Gießharzanwendung führte dazu, daß Gießharzwandler für immer höhere

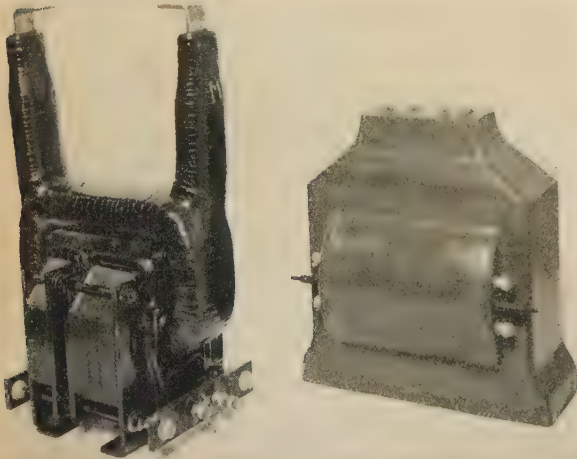


Abb. 3. Stromwandler, 11 kV, 200 A, nach der früheren Ausbildung mit gewickelter Isolation und in der neuen Gießharzausführung
(Werkbild A. Reyrolle & Co. Ltd., Hebburn, England)

Spannungen gebaut wurden. Zuerst war 30 kV, jetzt ist 60...75 kV die obere Grenze, so daß man durch zweistufige Kaskadenwandler Spannungen von 110...150 kV, mit dreistufigen Kaskaden solche bis 225 kV erreichen kann. Die Leistungen solcher Wandler in der Genauigkeitsklasse 0,5 sind 600 VA bzw. 400 oder 250 VA. Es ist gelungen, solche Wandler derart zu bauen, daß die gleichmäßige Spannungsverteilung auf die einzelnen Kaskaden auch bei Stoßspannungen erhalten bleibt.

Mit der Möglichkeit, Gießharzwandler und auch Schaltgeräte mit Gießharzteilen für höhere Spannungen zu bauen, wurde die Freiluftaufstellung aktuell. Dabei werden die Gießharzteile, die im Innenraum Porzellan vollwertig ersetzen können, einer Beanspruchung durch Witterung und Sonnenbestrahlung ausgesetzt, der sie anfänglich nicht gewachsen waren. Es kann als ziemlich sicher angesehen werden, daß die Lichtstrahlen, besonders die ultravioletten, auf der Gießharzoberfläche einen

Abbau des Polymerisationsgrades bewirken, der zur Folge hat, daß diese Oberflächen porig werden. Diese porige, raue Oberfläche fördert die Ablagerung von Fremdschichten, den Eintritt von Wasser und kann im Winter die Bildung von Eis begünstigen, die wieder zerstörend wirkt. Die anfangs verwendete Schiefermehl-



Abb. 4. Stromwandler, 10 kV bzw. 20 kV, bis 800 A, Ein- bzw. Zweikerntype in Gießharzausführung
(Werkbild Sprecher & Schuh Ges. m. b. H., Linz)

füllung hat diese Erscheinungen gefördert, weswegen dieser Füllstoff, übrigens bei allen Gießharzteilen, zugunsten des erwähnten Quarzmehles verlassen wurde.

Um Gießharzwandler im Freien aufstellen zu können, wurden zuerst Porzellanüberwürfe angewendet. Eine zweite Lösung war, mit den Gießharzteilen Schutz-



Abb. 5. Zweikern-Stützerstromwandler, 30 kV, 600 A, in Gießharzausführung
(Werkbild ELIN-UNION Aktienges. f. el. Ind., Wien)

schirme aus Porzellan so zu verkitten, daß nur senkrechte Gießharzflächen, aber nicht die anfälligeren waagrecht dem Wetter und der Sonne ausgesetzt sind.

Die zuletzt in Angriff genommenen Lösungen bestehen darin, den Freiluftisolatoren eine geeignete, aber vom Gewohnten abweichende Form zu geben und sie mit einem Schutzlack zu überziehen. Dieser Oberflächenschutz macht insofern gewisse Schwierigkeiten, als

Reste des Entformmittels eine innige Verbindung zwischen Gießharz und Lacke erschweren. Als Schutzlack scheinen für Epoxydharze solche auf Isocyanatbasis am besten geeignet zu sein [5].

Der Vergleich von quarzmehlgefüllten Epoxydharz mit Porzellan ergibt für das Harz eine größere mechanische Festigkeit und vor allem eine höhere Schlagzähigkeit. Die Wasseraufnahme der Harzteile ist gering und die Wärmebeständigkeit gut, wenn auch in diesen Beziehungen die Eigenschaften von Porzellan nicht erreicht werden. Die einfache Herstellung durch Gießen und die geringere Schrumpfung ergeben eine große Maßhaltigkeit der Epoxydharzteile. Diese Eigenschaften führen zur Verwendung von Gießharzen zur Herstellung von Stützern, Durchführungen und Teilen von Schaltern wie Zugstangen.



Abb. 6. Stromwandler, 60 kV, in Gießharzausführung (Werkbild Moser-Glaser & Co. AG, Muttenez, Schweiz)

Bei der früher erwähnten Abweichung von der gewohnten Form muß auch die wirtschaftliche Seite berücksichtigt werden. Ein Gießharzstützer, der genau einem Porzellanisolator für 110 kV nachgemacht wird, kostet derzeit etwa doppelt so viel wie der Porzellanstützer. Der Vorteil ist, daß Metallteile mit eingegossen werden können, so daß Armaturen und die Befestigungen in ihnen entfallen. Ein Gießharzstützer der gleichen Umbruchfestigkeit wie ein gleich langer Porzellanstützer hat nur einen Basisdurchmesser von 55% jenes aus Porzellan. Hierbei wurden innenarmierte Stützer verglichen. Gießharz erlaubt somit vielfach die Herstellung kleinerer Isolierteile als Porzellan. Gießharze ermöglichen auch die Herstellung von Stützern, die durch dünnere Rippen bei erhöhter Rippenzahl einen längeren Kriechweg haben [6].

Die früher erwähnte Formgebung durch Blechformen hat sich auf zylindrische und ebene Flächen beschränkt, wogegen Gußformen die richtige Gestaltung ermöglichen.

Gießharzisolierungen haben im Durchschnitt eine etwas kleinere Durchschlagsfestigkeit als gleichstarke Hartpapiere quer zur Schichttrichtung. Dafür sind sie aber isotrop und die Durchschlags- und die mechanische Festigkeit sind in allen Richtungen gleich. Es wird somit der Nachteil der Schichtstoffe, in Schichttrichtung schlechtere dielektrische Eigenschaften zu haben, vermieden. Gießharze werden daher vorteilhaft zur Herstellung von Teilen, bei denen die dielektrische Festigkeit in Längsrichtung wichtig ist, wie von Isolierzylindern, Isolierwellen und Wicklungsabstützungen verwendet.

Schließlich muß noch festgestellt werden, daß die Stoßspannungsfestigkeit einer guten rißfreien Gießharz-Trockenisolierung, verglichen mit jener des Öls der

Öltransformatoren, eine gute ist. Die Stoßspannungsprüfung ist ein strenges und empfindliches Kriterium für feinste Risse. Die Gefahr der Rißbildung ist aber bei sachgemäßer Konstruktion und Herstellung so gering, daß solche Prüfungen nur ausnahmsweise nötig sind.

Die Gießharzisolierung entspricht somit zweien der drei Wünsche, welche die Energieversorgungs-Unternehmen meist an die Kunststoff-Hochspannungsisolierungen stellen. Es wird verlangt, daß Gießharzisolierungen erstens für Freiluft geeignet und zweitens homogen sein sollen. Die dritte Forderung ist jene, daß man als Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen gern weiß, mit welchem Isoliermaterial man es zu tun hat. Dies trifft bei Porzellan zu, aber im Falle der Gießharze, bei denen Harze verschiedener Provenienz, verschiedene Füllstoffe in unterschiedlichen Verhältnissen und schließlich verschiedene Verarbeitungsweisen angewendet werden, ist diese Forderung, die zugleich jene nach möglich weitestgehender Gleichheit der Isolierstoffe ist, in nächster Zukunft nicht zu erfüllen.

Auf den Gebieten der Meßwandler wird der derzeitige Stand durch die Abb. 1...7 gekennzeichnet, aus denen die durch die Gießharzanwendung ermöglichten ungewohnten Formen zu erkennen sind [7].

Abb. 3 zeigt zum Vergleich die frühere Ausbildung des Stromwandlers mit gewickelter Isolation.

Im Bau von Leistungstransformatoren konnte sich die Gießharztechnik noch nicht durchsetzen. Die Gründe sind das Kühlungsproblem, die bei den Wandlern erwähnte Spannungsgrenze von 75 kV und der höhere

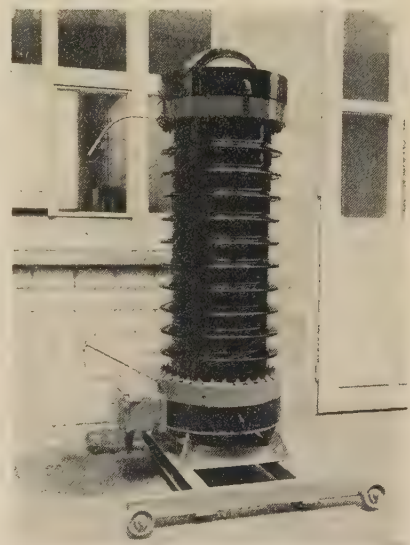


Abb. 7. Kaskaden-Spannungswandler, 110 kV, mit Gießharzisolation, mit Porzellanwetterschutz. Im Innern des Porzellan-Isoliermantels zwei in Reihe geschaltete Gießharzwandler der Reihe 60

(Werkbild Moser-Glaser & Co. AG, Muttenez, Schweiz)

Preis. Die Entwicklung von Gießharz-Schleudermaschinen, mit denen Gießharzrohre von 500...2800 mm Durchmesser hergestellt werden können, führte zum Bau von Stoßgeneratoren mit Gießharzisolierung. Die Erzeugung dieser Rohre ist in Luft, in Schutzatmo-

sphäre oder im Vakuum möglich und es können auch Drahtwicklungen eingebettet werden.

Was die Verwendung von Gießharzen in Schaltgeräten anbelangt, so sind sie entweder

ruhende Isolierteile als Träger unter Spannung stehender Konstruktionselemente
oder

bewegliche Isolierteile, die der Kraftübertragung dienen,

oder

Löschkammerbauteile.

Als ruhende Isolierteile werden Stützer, Tragisolatoren und Durchführungen, als bewegliche Teile Schubisolatoren von Trennschaltern und Drehsäulen von großen Leistungsschaltern aus Gießharz hergestellt.

Die Werkstoffauswahl für die elektrisch, mechanisch, durch Wärmeschocks und durch Lichtbogen bean-

hohen Lichtbogenfestigkeit am meisten verwendet, mit Akrylatharzen hat man in vielen Fällen gute Ergebnisse erzielt [5]. Von den Gießharzen sollen sich Epoxydharz mit Talkumfüllung und glasfaserverstärkte Epoxyd- und Polyesterharze bewährt haben [5]. Eine allgemein gültige Beurteilung ist deshalb nicht möglich, weil die Beanspruchungen, besonders durch den Lichtbogen und die heißen Gase, je nach der konstruktiven Gestaltung der Löschkammer in sehr weiten Grenzen schwanken. Einen Druckgasschalter für Mittelspannung, bei dem die Polsäulen aus Gießharz bestehen und die Löschkammer von Gießharzschalen umschlossen ist, zeigt Abb. 8 [8].

Wie im Fall der erwähnten Löschkammer werden Gießharze auch zu Kapselungen von Schaltgeräten herangezogen. Dies gilt sowohl für Niederspannungsschaltanlagen, wo glasfaserverstärkte Kunststoffteile verwendet werden als auch für eine vollkommen neue Konzeption im Hochspannungs-Schaltgerätebau, wie sie die von IMHOF vorgeschlagenen sogenannten Fugenanlagen darstellen [9].

Schrifttum

- [1] K. POTTHOFF: Werkstoffe. ETZ-A, Bd. 79 (1958), S. 730.
- [2] W. OBURGER: Technologie der Kunststoffe für die Hochspannungstechnik. ETZ-A, Bd. 80 (1959), S. 682.
- [3] A. IMHOF: Stand der elektrischen Gießharzanwendung. ETZ-A, Bd. 78 (1957), S. 384.
- [4] W. OBURGER: Isolierstoffe der Elektrotechnik. Wien: Springer-Verlag. 1957. S. 260.
- [5] W. HORN und W. WEIGELT: Anwendung von Kunststoffen für Hochspannungs-Schaltgeräte. ETZ-A, Bd. 80 (1959), S. 698.
- [6] W. OLSEN: Gießharz-Isolatoren für Hochspannungsschaltanlagen. Siemens-Z., 33. Jg. (1959), S. 145.
- [7] A. IMHOF: Kunstharz-Meßwandler. ETZ-A, Bd. 80 (1959), S. 705.
- [8] W. SCHICK: Der AEG-Gießharzschalter, ein neuer Typ des Druckgasschalters für Mittelspannung. AEG-Mitt., 49. Jg. (1959), S. 67.
- [9] A. IMHOF: Über neue Konzeptionen und Werkstoffe der Hochspannungstechnik. STZ, 55. Jg. (1958), S. 93.

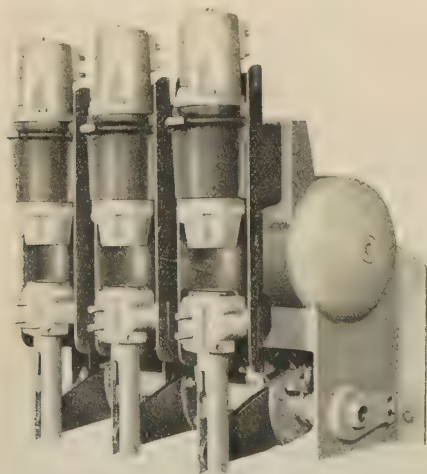


Abb. 8. Druckgasschalter, Reihe 10, 350 MVA, 1 000 A. in Gießharzausführung
(Werkbild AEG Allg. Elektr. Ges., Deutschland)

spruchten Löschkammern ist ein schwieriges Problem. Man hat verschiedene Kunststoffe dafür erprobt. Phenolpreßstücke bzw. Hartpapier werden wohl wegen der

Überlastschutzeinrichtung für mechanische Triebwerke

Planung und Anwendung für die Schleusenanlage des Donaukraftwerkes Ybbs-Persenbeug

Von W. REICHER, Wien

DK 626.422.2 - 596.2 : 627.45 (436.1)

Auf dem Gebiet der Meßtechnik sind seit längerem Methoden bekannt, mechanische Größen durch elektrische Messung zu ermitteln. Eines der dazu verwendeten Elemente sind sogenannte Kraftmeßdosen, in welche Spulen, Dehnungsmeßstreifen o. dgl. eingebaut sind, deren Widerstandswerte sich in Abhängigkeit von dem auf die Dose ausgeübten Druck verändern.

Als Grundelement für die im Donaukraftwerk Ybbs-Persenbeug angewendete Überlastschutzeinrichtung für die Schleusenoberhaupttriebwerke wurden Kraftmeßdosen verwendet.

Bevor auf die Schutzeinrichtung selbst eingegangen wird, soll nach einer kurzen Beschreibung der Schleusenanlage aufgezeigt werden, wodurch sich die Notwendigkeit für diese Schutzeinrichtung ergab, welche Forderungen an sie gestellt werden müssen und wie die Auswahl erfolgte.

Die beiden 24 m breiten Schleusenkammern werden gegen das Oberwasser durch je ein Hub-Senktor, bestehend aus Ober- und Untertafel, verschlossen. Die Verschußtafeln sind über Ketten mit den beidseitig angeordneten Triebwerken verbunden. Der Antrieb er-

folgt elektromotorisch, wobei der Gleichlauf zweier zusammengehöriger Triebwerke mittels elektrischer Ausgleichswelle hergestellt wird. Die Ausgleichswellen sind derart bemessen, daß die Drehstrom-Ausgleichsmaschinen um eine Typengröße stärker als die Antriebsmotoren sind. Ein Brechen der elektrischen Welle durch das Moment der Antriebsmotoren wird dabei sicher verhindert. Ferner wurde durch Versuche und praktische Erfahrungen festgestellt, daß bei dieser Auslegung durch ungleiches Abbremsen der Schwungmassen der beiden Antriebsseiten infolge Versagens oder schlechter Einstellung der Bremsen keine Gleichlaufstörung eintritt. Überdies ist bei Ausfall eines Antriebsmotors ein Notbetrieb nach Maßgabe der Überlastbarkeit des zweiten Antriebsmotors möglich. Die Drehstrom-Antriebsmotoren sind nach den Lastmomenten und der Einschaltdauer bemessen.

Da das Kippmoment im Hinblick auf die Gefahr einer Überlastung der mechanischen Antriebswelle möglichst klein sein soll, andererseits aber entsprechende Beschleunigungszeiten erzielt werden müssen, wurden die Motoren mit flach verlaufender Drehmomentcharakteristik gebaut.

Durch das in Ybbs-Persenbeug gewählte Gleichlaufsystem und auf Grund der Dimensionierung der Motoren und Ausgleichsmaschinen muß damit gerechnet werden, daß z. B. bei einseitiger Verklemmung einer Verschluss- und Verriegelungstafel während eines Hubvorganges auf die verklemmte Seite das etwa 3,5fache Motormoment wirkt, während das maximale Moment eines Motors etwa in der Höhe des 2fachen Motormoments liegt.

Bekanntlich sind nach VERI 1959¹⁾ alle mechanischen Teile der Antriebe so zu dimensionieren, daß die von den Antriebsmaschinen abgegebenen maximalen Drehmomente das Triebwerksmaterial mit höchstens 90% (0,9 σ_s) der Streckgrenzenbelastung beanspruchen. Für den Fall, daß ein Überlastschutz vorhanden ist, so muß dieser so rechtzeitig abschalten, daß nach Beendigung des Auslaufvorganges die Beanspruchung nur 80% der Streckgrenzenbelastung (0,8 σ_s) beträgt.

Triebwerke der vorliegenden Größe so zu bauen, daß beim Auftreten des 3,5fachen Motormoments das Triebwerksmaterial nur mit 90% seiner Streckgrenzenbelastung beansprucht wird, ist, wenn überhaupt möglich, technisch und preislich so ungünstig, daß man die Verwendung einer Überlastschutteinrichtung vorzieht.

Aufgabe der Schutteinrichtung ist es, die Triebwerke und Ketten durch rechtzeitiges Abschalten der Antriebsmotoren vor Überlastungen zu schützen, die beim einseitigen Verklemmen einer Verschluss- und Verriegelungstafel während eines Hubvorganges auftreten können. Solche Verklemmungen werden durch Fremdkörper, Vereisung u. dgl. hervorgerufen und führen zu einem Anstieg der Aufzugskraft.

Die Steilheit des Kraftanstieges ist abhängig von der Motorcharakteristik und von der Elastizität der für die Verformung zur Verfügung stehenden Teile, wobei die im Augenblick des Auftretens der Verklemmung zur Verfügung stehende Kettenlänge und die Art der Verklemmung von wesentlicher Bedeutung

sind. Am ungünstigsten ist eine starre Verklemmung bei kurzer Kettenlänge. Die Größe der Kettenzugkraft, welche nach erfolgtem Abschalten und Auslaufen des Antriebes erreicht wird, hängt außer vom Verlauf des Kettenkraftanstieges wesentlich von der Zeit, die vom Erreichen des Auslösewertes bis zur Abtrennung der Motoren vom Netz verstreicht, und vom Arbeitsvermögen der abzubremsenden Schwungmassen ab. Zweckmäßigerweise werden bei Abschaltungen durch die Überlast-Schutteinrichtung die Ausgleichsmaschinen gleichzeitig mit den Motoren vom Netz abgetrennt, um eine Momentenübertragung von der unverklemmten auf die verklemmte Seite über die elektrische Welle zu verhindern. Es muß dabei allerdings eine Gleichlaufstörung in Kauf genommen werden.

Die obere Grenze der Kettenzugkraft ist, wie erwähnt, mit 0,8 σ_s zu begrenzen, der Auslösewert muß selbstverständlich über der größten betriebsmäßig auftretenden Last liegen. Je geringer die Differenz zwischen diesen beiden Werten ist, um so kürzer müssen die Ansprech- und die Ausschaltzeit der Auslöseeinrichtung sein. Unter der Annahme einer starren Verklemmung bei kürzester betriebsmäßig auftretender Kettenlänge wurde diese Zeitspanne mit etwa 200 ms errechnet. Praktisch ist jedoch mit einer plötzlich auftretenden Verklemmung, bei der die Verschluss- und Verriegelungstafel ohne weiteren Hubweg festgehalten wird, nicht zu rechnen, so daß die tatsächlichen Verhältnisse günstiger als die Berechnung sind.

Tritt andererseits die Verklemmung nicht an der Last (Verschluss- und Verriegelungstafel), sondern z. B. im Triebwerk auf, wird durch das Fehlen entsprechender elastischer Glieder, vor allem der Kette, das Abbremsen der Schwungmassen sehr rasch vor sich gehen, was sehr große Kräfte zur Folge hat. Obwohl solche Fälle bei sorgfältiger Wartung kaum auftreten, müssen sie erwähnt werden, weil der Überlastschutz dabei seine Aufgabe, die Triebwerke zu schützen, nicht mehr erfüllen kann. Die Größe der auftretenden Kräfte ist dabei praktisch nur noch vom Arbeitsvermögen der rotierenden Triebwerksteile und von der durch die Art und den Ort der Verklemmung gegebenen Verzögerungszeit abhängig. Zum Beispiel wäre eine Beschädigung eines Triebwerkes auch dann noch möglich, wenn ein Fremdkörper erst kurz nach dem Abschalten der Antriebsmaschinen die rotierenden Teile plötzlich blockiert.

Daher muß sich die Überlastschutteinrichtung auf den Schutz der Triebwerke gegen die relativ häufiger auftretenden Überlastungen beschränken, welche durch Verklemmung oder Vereisung der Verschluss- und Verriegelungstafeln hervorgerufen werden. Als Kriterium für die Überlastung ist die Größe der Kettenzugkräfte anzusehen.

Aus den vorbeschriebenen Überlegungen werden folgende an die Schutteinrichtung zu stellende Forderungen abgeleitet:

- genaue Erfassung der Kettenzugkräfte;
- genaue Einstellmöglichkeit für den Auslösewert;
- kurze Ansprechzeit.

Ferner wird gefordert:

Die Schutteinrichtung muß in jeder Verschlussstellung und bei allen Bewegungsvorgängen einschließlich des Anlaufes wirksam sein.

¹⁾ Verband der Elektrizitätswerke Österreichs, Berechnungsgrundlagen für Stahlwasserbauten.

Trotz der verlangten hohen Genauigkeit müssen robuste Bauelemente verwendet werden.

Der Einbau soll keine Schwierigkeiten bei der Konstruktion und Montage der Triebwerke verursachen.

Die Funktion soll jederzeit überprüfbar sein.

Eine ungenaue Messung der Kettenzugkräfte oder eine große Streuung des Auslösewertes hätten bei der geringen Einstelltoleranz zur Folge, daß entweder die Einrichtung zu früh bzw., was wesentlich nachteiliger ist, zu spät abschaltet.

Für Ybbs-Persenbeug standen folgende Möglichkeiten zur Erfassung von Überlastungen zur Auswahl:

Strommessung an Motoren und Ausgleichsmaschinen;

Einbau von Rutsch- bzw. Drehmomentkupplungen;

Drehmomentmessung mit Torsionsmeßstreifen;

Kettenzugmessung mit Dehnungsmeßstreifen;

Kettenzugmessung mit Kraftmeßdosen.

Ein Überlastschutz durch elektrische Messung an den Motoren und Ausgleichsmaschinen entspricht den Anforderungen nicht. Die Summation der Ströme müßte in Meßwertumformern erfolgen, deren Zeitkonstante zu groß ist. Die Genauigkeit, mit der von den Meßwerten auf das Drehmoment geschlossen werden kann, ist nicht ausreichend. Überdies müßte diese Einrichtung während des Anlaufvorganges überbrückt werden.

Rutsch- oder Drehmomentkupplungen haben keine hohe Ansprechgenauigkeit bzw. besitzen meist ein unerwünscht hohes Schwungmoment.

Dehnungs- und Torsionsmeßstreifen sind gegen länger einwirkende Feuchtigkeit empfindlich und daher für eine Dauereinrichtung kaum geeignet. Eine Drehmomentmeßeinrichtung, bei welcher Torsionsmeßstreifen und Schleifringe auf einer Welle in einem geschlossenen Gehäuse angebracht sind, konnte infolge ihrer Baugröße nicht untergebracht werden. Die Übertragung der sehr kleinen Meßströme über Schleifringe könnte außerdem zu Meßungenauigkeiten führen. Die unmittelbare Kettenzugkraftmessung mittels Dehnungsmeßstreifens erfordert die Verwendung eines Meßgliedes an Stelle einer Kettenlasche. Eine solche Anordnung ist für kurzzeitige Kontrollmessungen anwendbar, als Dauereinrichtung jedoch kaum geeignet. Sie würde eine vollkommene Abdichtung der ins Wasser eingetauchten Meßstreifen und die Verwendung flexibler Meßkabel erfordern.

Bei der Anwendung von Kraftmeßdosen zur Kettenzugkraftmessung können die Forderungen am besten erfüllt werden. Die Auslösezeit beträgt etwa 200 ms, die Schaltgenauigkeit $\pm 1,5\%$ vom Endwert.

Es wurden daher für die Schleusenantriebe in Ybbs-Persenbeug Überlastschutzeinrichtungen mit Kraftmeßdosen verwendet. Die verwendete Einrichtung ermöglicht es, durch Anschluß von anzeigenden und schreibenden Meßgeräten die auf die Dosen wirkenden Kräfte zu messen und zu registrieren. Ferner kann auch bei unerwünschten Entlastungen der betreffende Antrieb abgeschaltet werden. Solche Entlastungen treten auf, wenn während eines Senkvorganges die Verschlußtafel klemmt und die Antriebe weiterlaufen. Sie führen

zu einer Schlaffkettenbildung. Löste sich aus irgendeinem Grund dann die Verklemmung, würde die Tafel nach Maßgabe der sich bildenden Kettenschlaufe abstürzen, wobei Schäden am Verschluß, an der Kette und auch an den Triebwerken auftreten könnten. Die Ausschaltung der Antriebe bei beginnender Schlaffkettenbildung ist also ebenso wichtig wie bei Überlastungen. Da die gleichen Bauelemente sowohl für den Überlastschutz als auch für den Schlaffkettenschutz verwendet werden, werden die gleichen kurzen Ausschaltzeiten erreicht, die im Falle des Schlaffkettenschutzes nicht unbedingt notwendig, jedoch erwünscht sind.

Der Auslösewert der Schlaffkettenschutzeinrichtung muß zwischen folgenden Grenzwerten liegen. Der obere Grenzwert ist jene kleinste Belastung der Ketten bzw. Dosen, die bei extrem großen, betriebsmäßig vorkommenden Auftrieben und Dichtungsreibungen der Verschlußtafeln während des Senkvorganges auftritt; der untere Grenzwert ist gleich dem größten Kettengewicht (bei Verschlußtafel nächst der Tiefstlage) bzw.

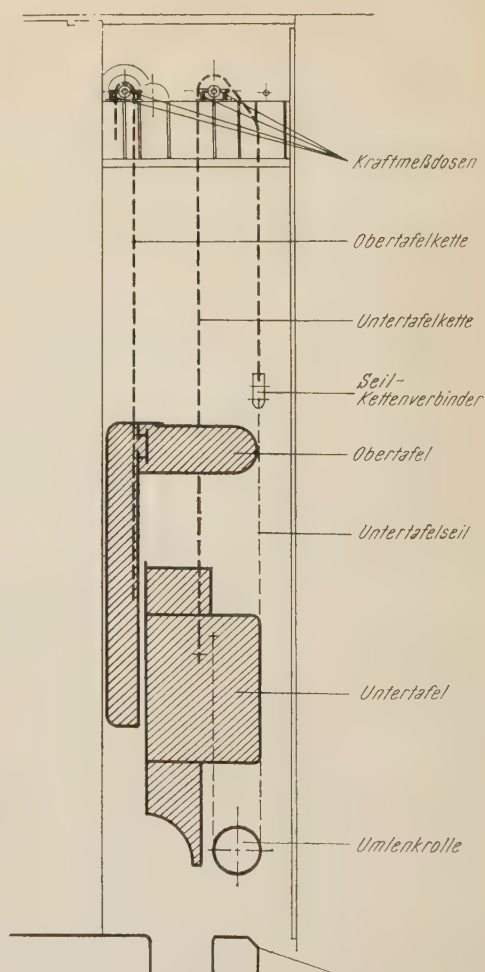


Abb. 1. Einbauskizze der Kraftmeßdosen

der diesem Gewicht entsprechenden Dosenbelastung. Bei Verwendung von Schwimmkammern liegen diese beiden Grenzwerte sehr nahe beisammen, so daß eine exakte Einstellung nur mit einer Einrichtung, die eine große Genauigkeit aufweist, möglich ist.

Der Schlaffkettenschutz wird nur bei den Obertafeln angewendet. Die Untertafeln besitzen an Stelle einer Schlaffkettenschutzauflösung eine zweite Überlastauflösung. Die Schleusenuntertafeln können nämlich mit-

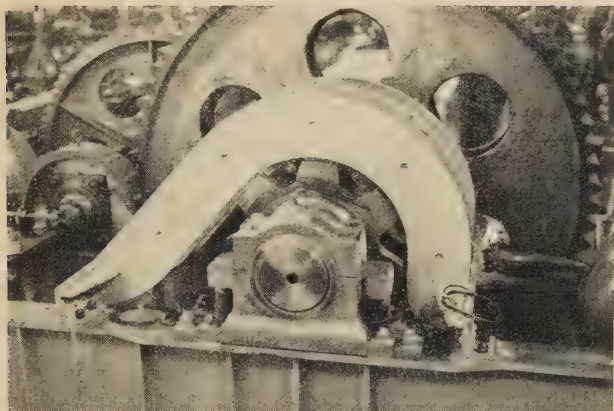


Abb. 2. Ritzelwellenlager mit Meßdosen

tels Flachseilen, die über Umlenkrollen geführt und mit den Ketten verbunden sind, nach unten gezogen werden (Abb. 1). Daher gibt es bei Verklemmungen während Senkbewegungen keine Entlastung, sondern eine Überlastung. Die Belastbarkeit der Seile ist geringer als jene der Ketten, daher ist für die Hubbewegung (Belastung der Kette) der Auslösewert höher als bei der Senkbewegung (Belastung des Seiles). Die Verwendung der Seile ist erforderlich, damit notfalls während des Schleusenfüllvorganges die Untertafel abgesenkt werden kann, selbst wenn durch die Strahlableitung die nach oben gerichtete Kraftkomponente dem Eigengewicht so stark entgegenwirkt, daß die Dichtungsreibung nicht mehr überwunden werden kann.

Spulenscheinwiderstand verändert. Wegänderungen treten an den Dosen praktisch nicht auf, so daß diese als Bauelemente des Triebwerkes vollkommen entsprechen. Im vorliegenden Falle sind für jede Meßstelle zwei Dosen verwendet worden. Diese sind parallel geschaltet.

Die beim Einbau der Kraftmeßdosen zu beachtenden Vorschriften beschränken sich lediglich darauf, daß die zu messenden Kräfte senkrecht auf die Dosen wirken müssen; bei der Montage ist zu beachten, daß die Dosen keinen Erschütterungen und Schlägen ausgesetzt sind, da sie dadurch ihre Charakteristik verändern. Als Verbindungsleitungen zu den Dosen sind geschirmte Kabel zu verwenden. Zum Schutz jeder

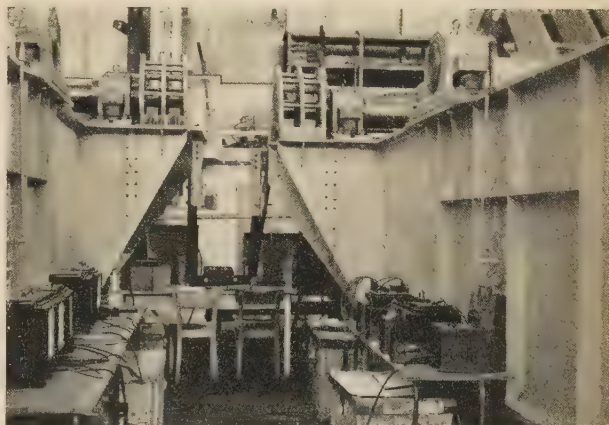


Abb. 3. Einbau der Meßdosen in die Schleusenwindwerke

Kette bzw. des zugehörigen Triebwerkes wird ein eigener Meßkreis verwendet.

Aus Abb. 4 ist die prinzipielle Schaltung eines Meßkreises ersichtlich. Ein Spannungswandler, welcher mit

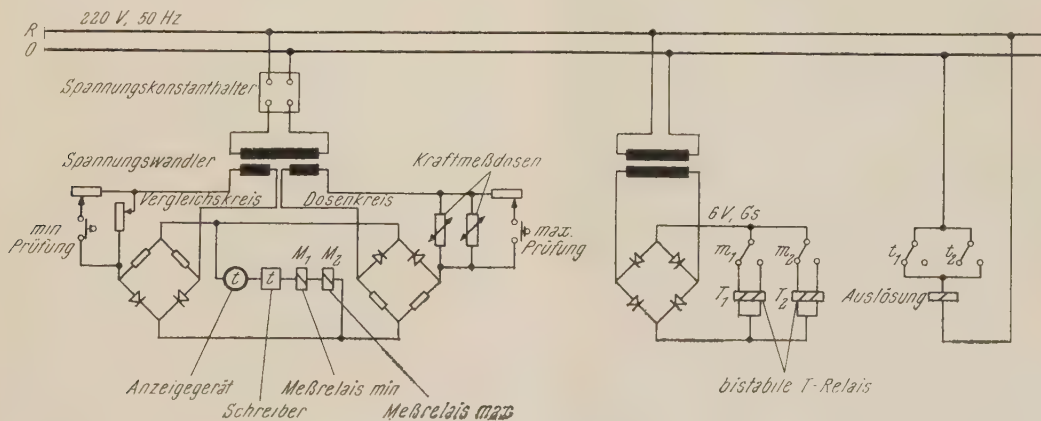


Abb. 4. Prinzipielle Schaltung eines Meßkreises

Im wesentlichen besteht die Schutteinrichtung aus den Kraftmeßdosen, den Meß-, Signal- und Prüfeinrichtungen.

Die Kraftmeßdosen sind unterhalb je eines Ritzelwellenlagers eingebaut (Abb. 2 und 3). Sie bestehen aus dem wirksamen Eisenkörper (Permalloy) und eingebauten Spulen. Durch Druckkräfte auf die Dosen wird die Permeabilität des Eisenkörpers und damit der

konstanter Wechselspannung angespeist wird, versorgt den Dosenkreis und den Vergleichskreis mit gleich großen Spannungen. Der im Vergleichskreis liegende Scheinwiderstand entspricht jenem der unbelasteten Dosen, d. h., bei Last = 0 ist die Differenz der in den beiden Kreisen fließenden Ströme ebenfalls 0. Werden die Dosen belastet, sinkt der Scheinwiderstand derselben, so daß der Strom im Dosenkreis größer als jener

im Vergleichskreis wird. Der Differenzstrom fließt über die Meßgeräte und Meßrelais. Die Meßrelais besitzen Drehspulmeßwerke mit Umschaltkontakt. Die Einstellung auf den Auslösewert erfolgt durch Änderung der Vorspannung der Rückzugfedern. Die Kontaktleistungserhöhung sogenannte T-Relais herangezogen werden. Diese T-Relais sind als bistabile Relais mit zwei Wicklungen ausgeführt. Mittels der Umschaltkontakte m_1 bzw. m_2 der Meßrelais wird bei Erreichen des Auslösewertes jene T-Relaiswicklung erregt, bei welcher der Kontakt t_1 bzw. t_2 schließt und damit die Auslösung bewirkt. Wird die Überlastung bzw. Entlastung durch Lösen der Verklemmung beseitigt, soll sich der betreffende Meßrelaiskontakt m_2 bzw. m_1 umlegen und die zweite Wicklung des betreffenden Relais erregen, worauf der Kontakt t_2 bzw. t_1 wieder öffnet.

Durch die Verwendung bistabiler Relais ist eine sichere Kontaktgabe gewährleistet. Das große Halteverhältnis dieser Relais bringt dank der vorhandenen Prüfeinrichtung keine Nachteile mit sich. Sofern das Lösen der Verklemmung nicht schon zum Umschalten der Meß- und T-Relaiskontakte führt, weil die betriebsmäßige Belastung zu nahe dem Auslösewert liegt, kann dies durch Betätigen des betreffenden Prüftasters er-

reicht werden. Der Differenzstrom ist so groß, daß die Meßgeräte auf Endausschlag gehen und die Meßrelaiskontakte wie bei einer Überlastung am rechten Kontaktstift anliegen.

Die Minimumprüfung beruht auf dem gleichen Prinzip, nur wird hier während der Prüfung der Strom im Vergleichskreis erhöht, wodurch sich an den Meßgeräten ein negativer Ausschlag ergibt und die Meßrelaiskontakte gegen den linken Kontaktstift anschlagen, wie im Falle einer Entlastung.

Mit Hilfe von Ersatzwiderständen an Stelle der Dosen können die Empfindlichkeit der Instrumente und die Auslösewerte jederzeit überprüft werden. Veränderungen des Dosenscheinwiderstandes können an Ort und Stelle nicht überprüft werden. Es besteht allerdings meist die Möglichkeit, die Meßdosen vollkommen zu entlasten, so daß der Scheinwiderstand für den Nullpunkt überprüft werden kann. Eine überschlägige Überprüfung ist auch im Lastbereich durch Vergleich der Instrumentenanzeigen mit den Sollwerten möglich. Da die Hubkräfte auf beiden Seiten einer Tafel, insbesondere wenn kein Ausgleichsstrom in der Rotorverbindungsleitung der Ausgleichsmaschinen fließt, ungefähr gleich sein müssen, ergibt sich aus der Beobachtung der Anzeigegeräte auch eine Kontrollmöglichkeit für die richtige Funktion der Dosen.

Bei Schäden an den Dosen, Unterbrechungen in der Meßschaltung oder bei Gleichrichterdefekten treten beträchtliche, sofort erkennbare Fehlanzeigen auf.

Durch die Anschlußmöglichkeit von Meß- und Registrierinstrumenten können die rechnerisch ermittelten Kräfte mit den tatsächlich auftretenden verglichen werden. Ferner können die Wirksamkeit von Schwimmkammern, starker Eisansatz an den Verschußtafeln, die Größe der Dichtungsreibung usw. festgestellt werden.

Es lassen sich auch geringfügige Abweichungen einer Verschußtafel aus der horizontalen Lage daran erkennen, daß die Kraftanzeigen beim Aufsetzen der Tafel auf die Sohlendichtung nicht bei beiden betroffenen Meßkreisen gleichzeitig absinken. Solche Abweichungen können durch Gleichlaufstörungen oder verschiedene Dehnungen der Ketten auftreten.

Die Kraftmessung dient auch der laufenden Betriebsüberwachung.

Man wird in künftigen Anlagen gegebenenfalls auch dann Kraftmeßeinrichtungen einbauen, wenn sich durch Wahl eines anderen Gleichlaufsystems oder durch entsprechende Dimensionierung der Antriebe ein Überlastschutz erübrigen würde.

Zusammenfassung

Im Donaukraftwerk Ybbs-Persenbeug wurden zum Schutz der Schleusentriebwerke Überlastschutzeinrichtungen eingebaut. Nach Gegenüberstellung verschiedener Möglichkeiten wurde erstmalig eine Einrichtung unter Verwendung von Kraftmeßdosen gewählt, welche die gestellten Forderungen am besten erfüllt.

Über ihre Aufgabe als Überlastschutzeinrichtung hinausgehend, verhindert sie auch eine unerwünschte Schlaffkettenbildung und gestattet durch die Anschlußmöglichkeit für anzeigende und registrierende Meßgeräte eine laufende Betriebsüberwachung.

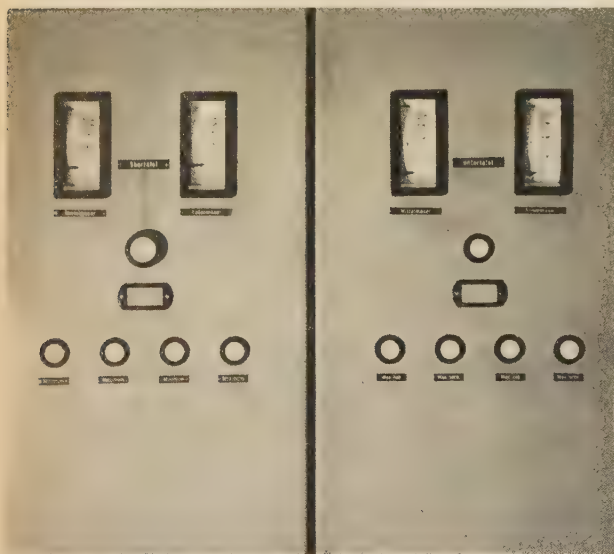


Abb. 5. Schalttafel mit Lastanzeigegeräten und Prüftastern

reicht werden. Es ist bei Belastungen nahe dem Überlastauslösewert der Minimum-Prüftaster zu drücken und bei solchen nahe dem Schlaffkettenauslösewert der Maximum-Prüftaster. Bei der Untertafel ist für diesen Zweck ein Quittiertaster eingebaut, mit welchem die Meßrelais kurzzeitig kurzgeschlossen werden können (Abb. 5).

Die Prüfeinrichtungen für Maximum- und Minimumprüfung bestehen aus je einem Taster und einem Widerstand und ermöglichen eine Funktionsprüfung der Meßgeräte und des gesamten Auslösekreises.

Durch Drücken des Tasters Maximumprüfung wird parallel zum Dosenwiderstand ein Widerstand geschaltet, was einen Stromanstieg im Dosenkreis zur Folge

Rundschau

Nachrichten aus Industrie, Gewerbe und Wirtschaft

DK 621.315.616.96 : 678.544.4/6

Makrofol — die neue Polykarbonat-Elektro-Isolierfolie.
Von H. HOFMEIER, Leverkusen.

Die Farbenfabriken Bayer haben sich seit mehr als 10 Jahren mit der Herstellung wärmefester Elektroisierfolien auf Basis von Zelluloseestern befaßt. Unter dem Handels-

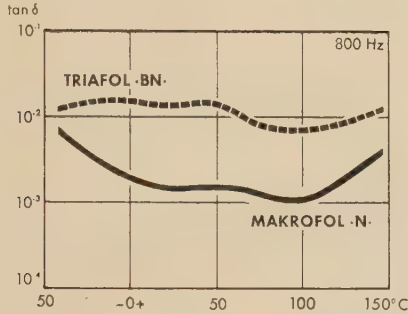


Abb. 1. Verlustwinkel von Makrofol N und Triafol BN in Abhängigkeit von der Temperatur

namen Triafol (R) sind diese Folien Fachkreisen des In- und Auslandes bestens bekannt. Diese Folien mit einer Dauerwärmebeständigkeit bis zu 120 °C (Wärmeklasse E nach

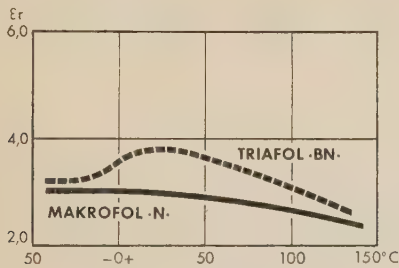


Abb. 2. Dielektrizitätskonstante von Makrofol N und Triafol BN in Abhängigkeit von der Temperatur

VDE 0530¹⁾) waren lange Zeit die wärmebeständigsten Elektroisierfolien, die sich im Handel befanden. Sie sind in den normalen Typen Triafol TN (auf Basis von Zellulose-

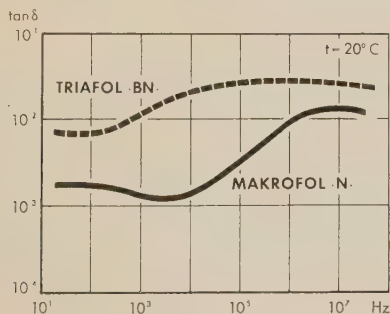


Abb. 3. Verlustwinkel von Makrofol N und Triafol BN in Abhängigkeit von der Frequenz

triazetat; blaue Kennfarbe) und Triafol BN (auf Basis eines Zelluloseazetobutyrate; violette Kennfarbe) erhältlich. Wo

¹⁾ Es wird darauf hingewiesen, daß in Österreich derzeit noch die VDE-Vorschriften vom Stande 10. April 1945, jedoch nach Maßgabe der Änderungen und Ergänzungen der Runderlässe des Bundesministeriums für Handel und Wiederaufbau Nr. 1 bis 13, gelten. In Österreich gilt auf diesem Gebiet ÖVE-M 10/1951 einschließlich des Nachtrages ÖVE-M 10 a/1959.

aus Gründen der Verarbeitung geschmeidigere Folien benötigt werden, können die weicher eingestellten Typen TW bzw. BW Verwendung finden. Triafol TW enthält einen flammwidrigen Weichmacher, so daß die an sich geringe Brennbarkeit bei dieser Type noch weiter herabgesetzt ist.

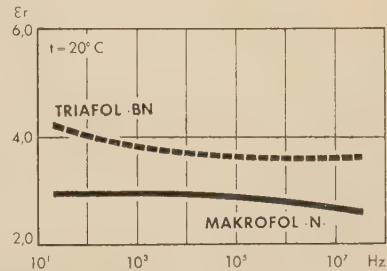


Abb. 4. Dielektrizitätskonstante von Makrofol N und Triafol BN in Abhängigkeit von der Frequenz

Die langjährigen Erfahrungen in der Herstellung von Elektroisierfolien wirkten sich günstig aus, als vor etwa 5 Jahren in den Polykarbonaten ein neuartiger Rohstoff für die Folienherstellung zur Verfügung stand. In verhältnis-

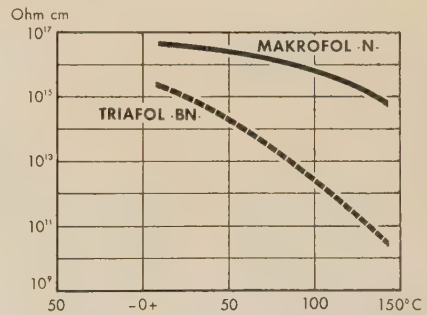


Abb. 5. Durchgangswiderstand von Makrofol N und Triafol BN in Abhängigkeit von der Temperatur

mäßig kurzer Zeit konnten Elektroisierfolien auf Polykarbonatbasis in den Handel gebracht werden, die ebenfalls nach dem bewährten Gießverfahren hergestellt werden. Sie sind unter dem Handelsnamen Makrofol N (R) (goldgelbe Kennfarbe) heute in Fachkreisen allgemein bekannt und werden bereits in beachtlichen Mengen im In- und Ausland laufend verarbeitet. Die graphischen Darstellungen Abb. 1 bis 5 zeigen den Fortschritt, der mit dieser Folie gegenüber Triafol erreicht wurde. Weitere wesentliche Eigenschaften können der Tabelle I entnommen werden. Eine bemerkens-

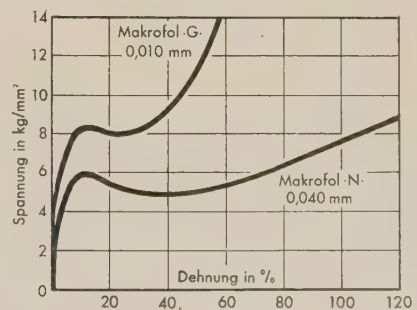


Abb. 6. Spannungs-Dehnungs-Diagramme von Makrofol N und G

werte Eigenschaft von Makrofol N, aber auch von Triafol BN und BW, ist die Möglichkeit, die Folien durch Tiefziehen zu verformen. Kappen, Hülsen, kurzum Formlinge

Tabelle I. Wichtigste Eigenschaften von Bayer-Elektroisierfolien

Art der Prüfung	Dimen- sion	Prüf- vorschrift	Triafol T		Triafol B		Makrofol	
			TN	TW	BN	BW	N	G
Dichte	g/cm ³	DIN 53 479	1,27	1,26	1,24	1,23	1,2	1,2
Zerreißfestigkeit	kp/mm ²	DIN 53 371	8...9	7...8	7...8	5,5...6	8...9	13...14 ¹⁾
Bruchdehnung	%	DIN 53 371	20...25	25...30	20...30	35...40	100...120	50...60 ¹⁾
Dauerwrmebestndigkeit	°C	—	120	120	120	120	140	140
Wasseraufnahme nach 24 h	%	—	4,0	2,5	3,0	2,0	0,5	0,5
Wasserlagerung bei 20° C								
Durchschlagsfestigkeit E _d (50 Hz, 0,5 kV/s)								
Probendicke 0,04...0,2 mm	kV/mm	VDE 0303 Teil 2	120	110	130	125	155	146 ²⁾
4 Tage bei 80% rel. Feucht.		DIN 53 481						
Oberflächenwiderstand R _o	Ω	VDE 0303 Teil 3	> 4 · 10 ¹³	> 1 · 10 ¹³	> 1 · 10 ¹⁴	> 1 · 10 ¹⁴	1 · 10 ¹³	1 · 10 ¹³
4 Tage bei 80% rel. Feucht.		DIN 53 482						
Spez. Durchgangswiderstand ρ _D								
1. trocken	1	VDE 0303	—	—	—	—	> 1 · 10 ¹⁷	> 1 · 10 ¹⁷
2. 4 Tage bei 80% rel. Feucht.	Ω · cm	Teil 3	4 · 10 ¹⁴	1 · 10 ¹⁵	1 · 10 ¹⁵	4 · 10 ¹⁴	4 · 10 ¹⁶	—
3. 24 h Wasserlagerung	3	DIN 53 482	1 · 10 ¹²	1 · 10 ¹³	1 · 10 ¹⁴	1 · 10 ¹⁴	3 · 10 ¹⁶	8 · 10 ¹⁶
Dielektrizitäts-Konstante ε _r ... trocken								
1. bei 50 Hz	1	VDE 0303	4,0	4,3	4,1	3,8	3,1	3,0
2. bei 800 Hz	2	Teil 4	3,8	4,1	3,6	3,8	3,0	3,0
3. bei 1 MHz	3	DIN 53 483	3,7	3,6	3,4	3,6	2,9	2,9
Dielektrischer Verlustfaktor tg δ trocken								
1. bei 50 Hz	1	VDE 0303	0,014	0,021	0,011	0,007	0,0025	0,0009
2. bei 800 Hz	2	Teil 4	0,017	0,028	0,015	0,016	0,0020	0,0011
3. bei 1 MHz	3	DIN 53 483	0,022	0,043	0,024	0,026	0,0080	0,0098

1) In Längsrichtung, in Querrichtung wie Makrofol N
2) an 0,02 mm dicken Proben gemessen

der verschiedensten Arten können so hergestellt werden. Sie bieten bei geringster Wanddicke eine hervorragende Isolation für Magnetkerne, Spulen usw. Vielleicht sind sie dazu bestimmt, das langwierige Umbandelungsverfahren in vielen Fällen abzulösen.

Makrofol^(R) ist beständig gegen aliphatische Kohlenwasserstoffe, z. B. Benzin und Transformatorenöl. Geräteteile, die unter Verwendung von Makrofol^(R) isoliert sind, können daher mit den meisten der handelsüblichen Imprgnierlacke behandelt werden. Im übrigen muß die verhältnismäßig geringe Beständigkeit gegen verschiedene Lösungsmittel bei der Verarbeitung beachtet werden. Sie bringt jedoch den großen Vorteil mit sich, daß Makrofol unter Verwendung der meisten handelsüblichen Klebstoffe verklebt werden kann. Für die Verklebung Makrofol/Makrofol genügen in den meisten Fällen reine Lösungsmittel, wie z. B. Methylenchlorid. Unter Druck und Wärme kann die Folie auch geschweißt werden.

Bis vor kurzem wurden von der Farbenfabriken Bayer AG Isolierfolien nur in den Dicken von 0,2...0,02 mm hergestellt. Der erreichte Fortschritt in den dielektrischen Eigenschaften ließ den Wunsch nach dünneren Folien aufkommen. Mittels eines besonderen Streckverfahrens gelang es, die Dicke zunächst bis auf 0,01 mm herabzusetzen, wobei bemerkenswert ist, daß die Toleranzen bei dieser Dicke auf etwa ± 0,001 mm gehalten werden können.

Mit dem Streckverfahren ist noch ein weiterer Vorteil verbunden. Es gestattet, die mechanischen Eigenschaften zu verbessern. Abb. 6 zeigt Zug-Dehnungs-Diagramme von Makrofol N und G. Die unverstreckte Giefolie hat die Bezeichnung Makrofol N erhalten, zum Unterschied von der gestreckten, die als Makrofol G im Handel ist. Es muß darauf hingewiesen werden, daß Makrofol G nur in der

Längsrichtung gestreckt ist. Die erhöhte mechanische Festigkeit ist also nur in der Längsrichtung vorhanden. Die mechanischen Eigenschaften in der Querrichtung sind unverändert wie bei der nicht gestreckten Folie. Diese Orientierung hat den Vorteil, daß die Folie durch kurzzeitiges Erwärmen auf 150...160° aufgeschrumpft werden kann, ohne daß sie dabei ihre Breite verändert. Insbesondere für die Herstellung von Wickelkondensatoren ist diese Eigenschaft von Bedeutung. Im Zusammenhang mit Kondensatoren muß auf die Möglichkeit hingewiesen werden, Makrofol im Hochvakuum mit Metallen zu bedampfen. Bei Makrofol G ist jedoch die Bedampfung nur zu empfehlen, wenn die Folie nicht geschrumpft wird.

Zum Schluß sei besonders darauf aufmerksam gemacht, daß alle Bayer-Elektroisolierfolien einseitig mattiert geliefert werden. Dies hat den Vorteil, daß sie sich besser wickeln lassen. Insbesondere bei der Verarbeitung auf Wickelautomaten macht sich diese Mattierung sehr günstig bemerkbar.

Die Eigenschaften der Bayer-Isolierfolien sind so mannigfaltig, daß es kaum ein Gebiet der Elektrotechnik gibt, in dem Triafol oder Makrofol nicht angewendet wird.

Chemia Ges.m.b.H.
Wien III, Am Heumarkt 10

DK 621.315.54 : 669.782

Wacker-Reinstsilizium

Silizium in hochreiner Form wurde nun auch von der Wacker-Chemie GmbH, München, in das Produktionsprogramm aufgenommen. Es werden monokristalline und polykristalline Reinstsilizium-Sorten in Stabform geliefert. Das monokristalline Material steht in verschiedenen Reinheits-

graden mit verschiedenen Widerstandswerten p- und n-leitend zur Verfügung.

Dieses Reinstsilizium kann verwendet werden für Transistoren, Dioden und Leistungsgleichrichter sowie in der Infrarotoptik. Es zeichnet sich aus durch seine Einsatzfähigkeit bei besonders hohen Temperaturen sowie dadurch,

daß die Abmessungen der daraus hergestellten Bauelemente äußerst klein gehalten werden können. Damit ergeben sich für den Konstrukteur von Bauelementen und Geräten neue Möglichkeiten, deren weitere Entwicklung heute noch nicht abzusehen ist.

Wacker-Chemie GmbH
München 22, Prinzregentenstraße 22

Nachrichten des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees der IEC

DK 621.311.632.2/634 : 621.315.592 : 389.6 (100)

IEC-Publikation Nr. 119. Empfehlungen für Vielkristallhalbleitergleichrichtersäulen und -einrichtungen. Erste Ausgabe. 1960.

Die IEC-Publikation Nr. 119 „Empfehlungen für Vielkristallhalbleitergleichrichtersäulen und -einrichtungen“, deren erste Ausgabe soeben erschienen ist, gilt für Selen- und Kupferoxydgleichrichtersäulen und Gleichrichtereinrichtungen, die zur Gleichstromversorgung aus Wechselstromquellen mit Frequenzen bis zu 2 kHz verwendet werden.

Sie gilt weder für Gleichrichter für Nachrichtenzwecke, mit Ausnahme solcher für die Stromversorgung von solchen Geräten, noch für Gleichrichter, die als Hilfseinrichtungen für Meßinstrumente dienen.

Sie definiert die Charakteristiken von diesen Geräten, legt ein Bezeichnungssystem fest, gibt bevorzugte Nennwerte an und beschreibt Prüfmethode.

Die Publikation Nr. 119 ist in drei Hauptabschnitte unterteilt: Allgemeines, Halbleitersäulen, Allgemeines über Gleichrichtergeräte.

Preis: sfr. 20,—.

Bestellungen sind an das Sekretariat des ÖEK im ÖVE, Wien I, Eschenbachgasse 9, zu richten.

DK 621.315.624 : 389.63 (100)

IEC-Publikation Nr. 120. Empfehlungen für Klöppel — Klöppelpfannenkupplungen von Kettenisolatorgliedern. Erste Ausgabe. 1960.

Die IEC-Publikation Nr. 120, Empfehlungen für Klöppel — Klöppelpfannenkupplungen von Kettenisolatorgliedern,

deren erste Ausgabe soeben erschienen ist, legt eine Serie von vier Normgrößen von Klöppel — Klöppelpfannenkupplungen zur Verwendung beim Zusammenbau von Kettenisolatorgliedern zu Isolatorketten fest. Ein Anhang bringt die Abmessungen einer Lehrenserie zur Kontrolle der Kupplungen.

Preis: sfr. 20,—.

Bestellungen sind an das Sekretariat des ÖEK im ÖVE, Wien I, Eschenbachgasse 9, zu richten.

DK 621.396.623.7.011.21 : 389.6 (100)

IEC-Publikation Nr. 124. Empfehlungen für die Nennimpedanz und die Abmessungen von Lautsprechern. Erste Ausgabe. 1960.

Die IEC-Publikation Nr. 124 „Empfehlungen für die Nennimpedanz und die Abmessungen von Lautsprechern“, deren erste Ausgabe soeben erschienen ist, gilt für einfache Schwingspulenlautsprecher (elektrodynamische Lautsprecher) für direkte Abstrahlung.

Es werden eine Anzahl von Nennimpedanzen der Schwingspulen und die Befestigungsmaße (Größe und Anordnung der Befestigungslöcher) festgelegt. Die Empfehlungen für die Abmessungen sind beschränkt auf (kreisförmige) Konuslautsprecher.

Preis: sfr. 3,—.

Bestellungen sind an das Sekretariat des ÖEK im ÖVE, Wien I, Eschenbachgasse 9, zu richten.

Buchbesprechungen

DK 539.16 : 621.039 (048.1)

Atomkernprozesse der Spaltungsreaktoren. Von H. SCHLECHT-WEG. 210 Seiten, 44 Abb. Stuttgart: Wissensch. Verl. Ges. m. b. H. 1959. DM 36,—.

Das vorliegende Buch ist als Einführung für Studenten, Industriephysiker und Ingenieure gedacht. Von den rund 200 Textseiten befassen sich jedoch nur etwa 25 mit den Vorgängen im Spaltungsreaktor — und gerade dieser Abschnitt scheint am wenigsten geglückt —, so daß das Thema nicht getroffen wird. Wir haben es eher mit einigen ausgewählten Kapiteln der Kernphysik zu tun, die mit Reaktorproblemen in losem Zusammenhang stehen. Die Darstellung ist in manchen Punkten nicht ganz zuverlässig.

H. GRÜMM

DK 519.2 (048.1)

Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Zusammengestellt von U. GRAF † und H. J. HENNING. Mit 9 Abb. und 104 Seiten. Berichtigter Neudruck. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer-Verlag. 1958. Ganzleinen DM 12,60.

Die ursprüngliche Ausgabe wurde in E und M, 70. Jg. (1953), H. 21, S. 495, besprochen. Die Tatsache, daß inner-

halb einer verhältnismäßig so kurzen Zeit ein Neudruck notwendig wurde, spricht für den Wert des Bändchens. Die Gelegenheit wurde benützt, die Literaturhinweise auf den neuesten Stand zu bringen und einige kleine Abänderungen durchzuführen, z. B. „Vertrauensbereich“ statt „Genaukeitsgrenze“. Da das Büchlein für den dauernden Gebrauch bestimmt ist, war es zweifellos zweckmäßig, den Neudruck solid zu binden.

W. EBERL

DK 621-53+621.316.7 : 681.14.001.57+681.14—523.8 (048.1)

Anwendung von Rechenmaschinen bei der Berechnung von Regelvorgängen. Vorträge, gehalten bei einer Tagung des Fachausschusses Regelungsmathematik der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik (GAMM) in Düsseldorf am 8. November 1957, zusammengestellt von W. OPPELT. 128 Seiten, 121 Bilder. München: Verlag R. Oldenbourg. 1958. DM 16,80.

Wohl eines der hervorstechendsten Gebiete für die Anwendung von Rechenmaschinen ist die Regelungstechnik mit ihren Nebengebieten. Rechenmaschinentechnik und Regelungstechnik, vom neuzeitlichen Standpunkt aus gesehen, fließen ja unmittelbar ineinander. Es ist deshalb verdienstvoll, daß die bei einer Tagung der GAMM über dieses

Gebiet gehaltenen Vorträge in einem der „Beihefte zur Regelungstechnik“ zusammengestellt wurden. Der Hauptteil der Beiträge behandelt den Einsatz von Analogierechenmaschinen und Analogiegeräten besonderer Art. So gibt R. HERSCHEL einen Überblick über die grundsätzlichen Probleme beim Entwurf von Rechenschaltungen für regelungstechnische Aufgaben. O. FÖLLINGER und G. SCHNEIDER vergleichen an Hand eines Beispiels verschiedene Typen solcher Rechengeräte. Hervorzuheben ist auch der Beitrag von H. WITSENHAUSEN, der die Optimierung unstetiger Systeme mit statistisch schwankenden Störgrößen behandelt. A. LEONHARD gibt ein Analogierechengerät zur Berechnung von Polynomen an; die Auflösung von Polynomen ist ja bei der mathematischen Lösung regelungstechnischer Aufgaben fast immer notwendig. Drei Diskussionsbeiträge (D. ERNST, TH. STEIN und W. ROTH) zeigen ebenfalls den Nutzen der Analogiemaschinen für die Praxis. In einem ausführlichen Beitrag von E. BÜHLER wird die elektronische Nachbildung eines mechanischen Systems mit Reibung behandelt. J. B. RESWICK gibt eine interessante graphische Methode zur Behandlung von Korrelationsrechnungen an.

Daß jedoch die Ziffernrechenmaschine ihre Bedeutung für die Regelungstechnik hat, zeigt E. BUKOVICS. In diesem schönen Beitrag werden die Einsatzmöglichkeiten kleiner Rechenautomaten (IBM 604) beschrieben. Es ist dabei erstaunlich, daß auch damit die Grundaufgaben, nämlich die Stabilitätsprüfung, die Bestimmung der Dämpfung, die Optimierung und schließlich die Berechnung des Regelvor-

ganges (Lösung der charakteristischen Gleichung) mit verhältnismäßig wenig Zeitaufwand gelöst werden können.

Es sei vielleicht noch abschließend auf folgende Tatsachen hingewiesen: Jedes Regelungsproblem ist gleichzeitig ein Rechenmaschinenproblem. Auch der „klassische“ Regler mit Pendel, Stangen, Kolben, Federn und Dämpfungszyklindern ist selbst nichts anderes als eine mechanische Analogierechenmaschine, die für jede Pendelbewegung eine optimale Bewegung des Stellkolbens mit dem Ziel berechnet, die Pendelbewegung auszugleichen. Um so mehr sind elektronische Analogien geeignet, diese dynamischen Vorgänge in Reglern und Regelstrecken, bzw. von geschlossenen Regelkreisen, zu erfassen. Die Nachbildung (Simulation) von Regelstrecken mit ihren nichtlinearen Eigenschaften (wie Reibung, Totgang usw.) bildet deshalb einen eigenen Aufgabenkreis. Die Forderungen nach Genauigkeit und Schnelligkeit steigen jedoch immer mehr und hier zeichnet sich die Eignung von Ziffernrechnern für die Bewältigung der gestellten Aufgaben ab. Solche Probleme, nämlich die Vereinigung von Genauigkeit und Schnelligkeit bei erträglichem technischem Aufwand für eine gestellte Aufgabe, treten an jeden Regelungstechniker heran. Die Rechenmaschine bietet hier als „Modell“ den schnellsten und anschaulichsten Ausweg.

So wird gerade dieses Büchlein neben dem anderen umfangreichen Schrifttum dem Regelungstechniker wertvolle Hinweise geben können.

H. RECHBERGER

Berichtigung

DK 621.314.21.017.2/3

Leerlaufverluste bei Transformatoren. Von H. SCHRAMM. E und M, 77. Jg. (1960), H. 15/16, S. 354.

Der Autor des obgenannten Aufsatzes bittet uns, darauf hinzuweisen, daß Abb. 1 dieses Aufsatzes sowie die Methode der Errechnung einem Vortrag von Herrn Dipl.-Ing.

R. ASCHENBRENNER entnommen wurden, den dieser im April 1959 in Mannheim hielt, und der in einer Firmendruck-schrift der Firma Starkstromgerätebau GmbH, Mannheim, unter der Bezeichnung BT 11 mit dem Titel „Beurteilung von Umspannern nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten“ veröffentlicht wurde.

DIE SCHRIFTLEITUNG

Mitteilungen

Tagungen der NTG im VDE

Vom 11. bis 14. April 1961 veranstaltet die Nachrichtentechnische Gesellschaft aufeinanderfolgend in Karlsruhe die folgenden beiden Fachtagungen:

„Aufnahme und Verarbeitung von Nachrichten durch Organismen“,

„Lernende Automaten“.

Im Verlauf der Tagung kommen mehr als 30 in- und ausländische Fachleute mit Einzelvorträgen über die beiden oben genannten Rahmenthemen zu Wort.

Ausführliche Programme sind ab Januar 1961 kostenlos bei der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE (NTG), Frankfurt a. M. S 10, Stresemann-Allee 21, erhältlich.

Ernennungen und Ehrungen

In Vertretung von Handelsminister Dr. Bock überreichte am 24. Oktober 1960 Herr Sektionschef Dr. KRISCH Herrn Min.-Rat Dipl.-Ing. FRANZ GRILL das diesem vom Bundespräsidenten verliehene Große Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich.

Dem Leiter der Versuchsanstalt für Wärme-, Kälte- und Strömungstechnik, Herrn a. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. MAXIMILIAN LEDINEGG, und dem Leiter der Elektrotechnischen Versuchsanstalt, Herrn Oberbaurat Dipl.-Ing. JOSEF PENKLER, wurde das ihnen vom Bundespräsidenten verliehene Goldene Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich überreicht.

Vortrag im ÖVE

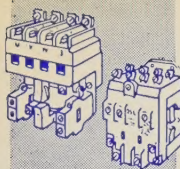
14. Dezember 1960: Vortrag des Herrn Prof. Dr. Dipl.-Ing. Dr. AUGUST HOCHRAINER (AEG, Kassel) über: „**Prüfung von Hochspannungsschaltern**“. Zeit: 18.00 Uhr c.t. — Ort: Wien I, Eschenbachgasse 9, II. Stock, Großer Saal.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

w. Hofrat Dipl.-Ing. Otto Haas-Haagenfels, Leiter des Fernmeldetechnischen Zentralamtes, Wien I, Börseplatz 1.

Dir. Dr. Wilhelm Oburger, ÖPZ, Wien I, Renngasse 5.

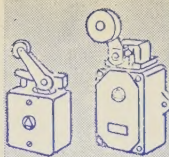
Ing. Walter Reicher, c/o Österreichische Donaukraftwerke AG, Wien I, Hohenstauffengasse 6.



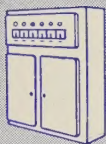
Luftschütze bis
80 kW für höchste
Beanspruchung.
Schütz-
kombinationen



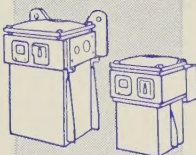
**Handbetätigte
Motorschalter**
für Ein- und
Aufbau



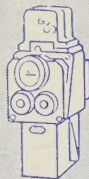
**Endschalter und
Schwimmerschalter**,
robuste stahl- oder
gußgekapselte
Ausführung



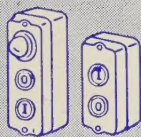
**Halb- und
vollautomatische
Steuerungen**
in Schaltschränken
und Schaltpulten
zur Steuerung von
Arbeits- und Werk-
zeugmaschinen



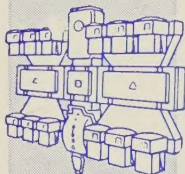
Ölschütze bis 500 A
und **Schütz-**
kombinationen



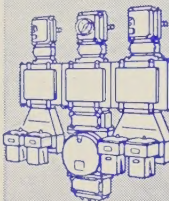
**Explosionengeschützte
Schaltgeräte.**
Schütze,
Sicherungskästen,
Kontaktgeber,
Handschalter,
Magnetventile u. a.



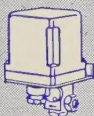
Druckknopftaster,
auch wasserdicht,
mit eingebauter
Signallampe,
Wahlschalter,
mit Schloß u. a.



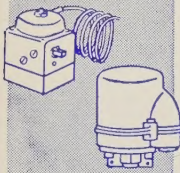
**Stahl- und
gußgekapselte
Verteilungs-**
anlagen für jede
betriebliche Auf-
gabe. Solide,
schwere Industrie-
ausführung



**Explosionengeschützte
Steuerungen**
und
Verteilungsanlagen



Magnetventile,
Kühlwasserregler



Temperatur-
wächter,
Druckwächter und
andere Spezial-
geräte für die
Kälteindustrie

Vertretung:

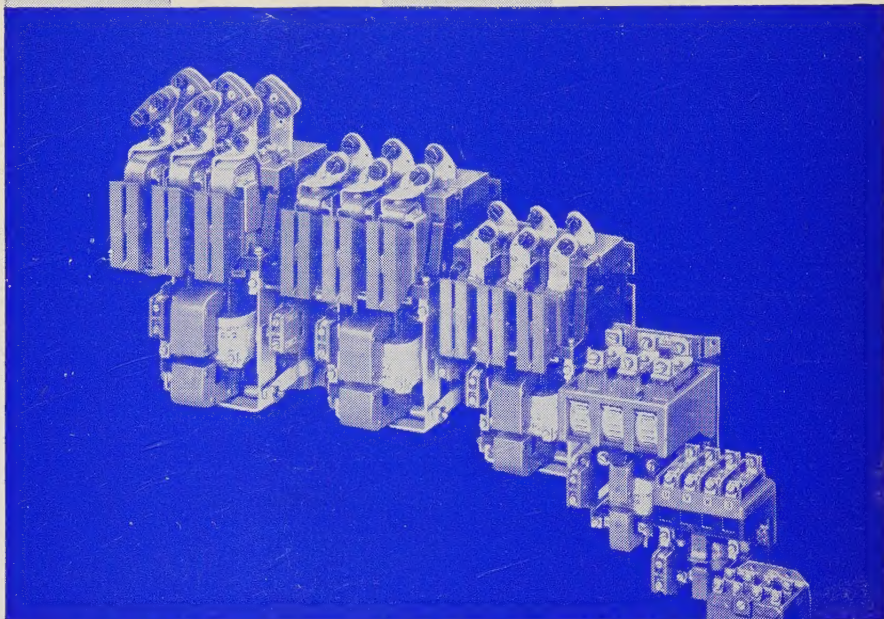
Dr. WILH. HEINISCH

Wien VII, Kirchengasse 19

Postfach 208

Telefon: 44 86 73, 44 66 92,
44 44 43

Telegramme: WILHEINISCH



Großserien verbürgen unveränderte Qualität!

Die Fließfertigung großer Serien setzt immer ausgereifte Konstruktionen, jahrelange Versuche und harte Erprobung in der Praxis der Betriebe voraus. Deshalb bieten Ihnen „FANAL“-Luftschütze auch jede Sicherheit...

Ihr verblüffend einfacher, verschleißfester Aufbau aus nur wenigen bewegten Teilen und ihre großen Vorteile für eine bequeme, platz- und zeitsparende Montage sind eine Freude für jeden Betriebsmann! Prüfen Sie selbst! „FANAL“-Schütze bieten zusätzliche Vorteile!

... besser gleich
FANAL-Schaltgeräte!

METZENAUER & JUNG · WUPPERTAL
WESTDEUTSCHLAND



DE LAVAL

Hochvakuum-Separatoren-Aggregate

für universelle Isolierölbehandlung

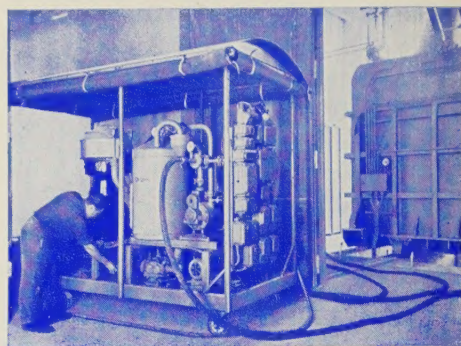
DE LAVAL

Separatoren-Aggregate

für die Reinigung von Schmier- und Reglerölen

Ein Qualitätsbegriff auf der ganzen Welt

Bitte verlangen Sie unsere neuen Sonderbro.



Transportables De Laval Hochvakuum-Separatoren-aggregat bei der Konservierung eines 45 MVA-Öltransformators

AKTIENGESELLSCHAFT

ALFA-LAVAL

INDUSTRIEABTEILUNG

WIEN XII, WIENERBERGSTRASSE 31, TEL. 54 46 11

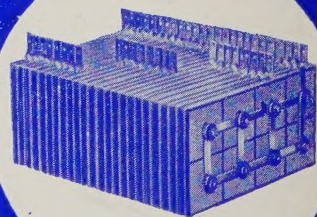


ANLAGEN



GLEICHRICHTER

SCHRACK

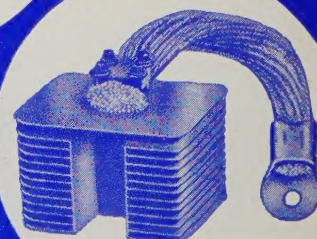


SELENGLEICHRICHTER



SILIZIUMGLEICHRICHTER

SYSTEME



GERMANIUMGLEICHRICHTER